

Análisis temático de los problemas de PLANCKS

Clasificación por áreas de la física

Finales internacionales y preliminares nacionales compatibles

Material de estudio para equipos de olimpiada

445 problemas • 57 ediciones • 12 bloques (internacional + 11 países)

Clasificación automática revisada por un segundo agente. Solo se incluyen preliminares cuyo formato es compatible con el de la final internacional (problemas abiertos de varios apartados).

Metodología

Cada problema se ha leído y se le ha asignado el área de física *dominante* para resolverlo (no el contexto narrativo del enunciado), más un área secundaria cuando otra disciplina es claramente relevante. Los porcentajes por área principal se calculan sobre el total de problemas de cada bloque (cada problema cuenta una vez), de modo que suman 100 %. El alcance son 445 problemas: 120 de las finales internacionales (2014–2025) y 325 de las preliminares nacionales con formato compatible (se han descartado los exámenes tipo test/objetivo). El desglose por país de la sección 3 se limita a los países con datos suficientes (≥ 3 ediciones y ≥ 20 problemas).

Taxonomía de áreas

- Mecánica clásica (MEC)
- Electromagnetismo (EM)
- Termodinámica (TERMO)
- Física estadística (ESTAD)
- Mecánica cuántica (QM)
- Óptica (OPT)
- Relatividad (REL)
- Astrofísica y cosmología (ASTRO)
- Materia condensada / estado sólido (COND)
- Física nuclear y de partículas (NUCL)
- Física atómica y molecular (ATOM)
- Mecánica de fluidos (FLU)
- Ondas mecánicas y acústica (ONDAS)
- Otros / interdisciplinar / estimación (MISC)

1. Resumen global: internacional frente a preliminares

Reparto por área principal, agregando todas las finales internacionales frente a todas las preliminares compatibles.

Área	Internacional		Preliminares	
	Nº	%	Nº	%
Mecánica cuántica	18	15.0	50	15.4
Mecánica clásica	16	13.3	60	18.5
Física estadística	14	11.7	26	8.0
Astrofísica y cosmología	13	10.8	11	3.4
Materia condensada / estado sólido	13	10.8	24	7.4
Electromagnetismo	9	7.5	42	12.9
Física nuclear y de partículas	9	7.5	15	4.6
Relatividad	8	6.7	23	7.1
Termodinámica	5	4.2	16	4.9
Mecánica de fluidos	5	4.2	20	6.2
Óptica	4	3.3	15	4.6
Otros / interdisciplinar / estimación	4	3.3	10	3.1
Física atómica y molecular	2	1.7	11	3.4
Ondas mecánicas y acústica	0	0.0	2	0.6
Total	120	100	325	100

2. Desglose por edición – Finales internacionales

Número de problemas de cada área (por área principal) en cada final internacional.

Edición	MEC	EM	TERMO	ESTAD	QM	OPT	REL	ASTRO	COND	NUCL	ATOM	FLU	MISC	Tot
2014	1			1	3			1	1	1	1	1		10
2015	2			1	2		1		2			2		10
2016	2	1	1	1	2		1	1		1				10
2017			1	1	1	1	1		2	2	1			10
2018	2	1		1	1		1	2	1	1				10
2019		1	1	3	2		1	1	1					10
2020	2						1		2			1	3	9
2021		2		1	1	1		4	2			1		12
2022	3			2	2	1		1		1				10
2023	1	1	1		2		1	1	1	2				10
2024	2	2		2	1			1		1			1	10
2025	1	1	1	1	1	1	1	1	1					9
Total	16	9	5	14	18	4	8	13	13	9	2	5	4	120

Códigos: **MEC** = Mecánica clásica; **EM** = Electromagnetismo; **TERMO** = Termodinámica; **ESTAD** = Física estadística; **QM** = Mecánica cuántica; **OPT** = Óptica; **REL** = Relatividad; **ASTRO** = Astrofísica y cosmología; **COND** = Materia condensada / estado sólido; **NUCL** = Física nuclear y de partículas; **ATOM** = Física atómica y molecular; **FLU** = Mecánica de fluidos; **MISC** = Otros / interdisciplinar / estimación.

3. Recuentos porcentuales por país – Preliminares

Porcentaje de problemas de cada área en las preliminares de los países con datos suficientes (Países Bajos, Italia, España, Austria, Reino Unido e Irlanda, Polonia), con la final internacional como referencia.

Área	Int.	NL	IT	España	AT	UK	PL	Prel.
Mecánica cuántica	15.0	10.6	20.3	22.5	17.6	3.4	16.0	15.4
Mecánica clásica	13.3	13.8	18.6	20.0	20.6	31.0	20.0	18.5
Física estadística	11.7	11.7	5.1	5.0	2.9	6.9	8.0	8.0
Astrofísica y cosmología	10.8	4.3	5.1	2.5	2.9		4.0	3.4
Materia condensada / estado sólido	10.8	5.3	11.9	12.5	5.9	10.3	4.0	7.4
Electromagnetismo	7.5	13.8	8.5	12.5	14.7	17.2	16.0	12.9
Física nuclear y de partículas	7.5	3.2	8.5		2.9		8.0	4.6
Relatividad	6.7	9.6	1.7	10.0	14.7	3.4		7.1
Termodinámica	4.2	3.2	8.5	7.5			8.0	4.9
Mecánica de fluidos	4.2	7.4	5.1		5.9	13.8	8.0	6.2
Óptica	3.3	5.3	5.1	5.0		3.4		4.6
Otros / interdisciplinar / estimación	3.3	5.3			2.9	10.3	4.0	3.1
Física atómica y molecular	1.7	5.3	1.7	2.5	8.8			3.4
Ondas mecánicas y acústica		1.1					4.0	0.6
n	120	94	59	40	34	29	25	325

Valores en % (porcentaje de los problemas de cada columna que pertenecen a esa área). La columna **España** se resalta por ser la preliminar de referencia. **Int.** = Internacional; **Prel.** = todas las preliminares; **NL** = Países Bajos; **IT** = Italia; **ES** = España; **AT** = Austria; **UK** = Reino Unido e Irlanda; **PL** = Polonia.

4. Apéndice: clasificación problema a problema

Recuento de problemas por edición

Bloque / país	Ediciones	Problemas
Finales internacionales	12	120
Países Bajos [†]	10	94
Italia [†]	10	59
España [†]	8	40
Austria [†]	4	34
Reino Unido e Irlanda [†]	3	29
Polonia [†]	3	25
Rumanía	2	17
Singapur	1	10
Alemania	2	8
Grecia	1	5
Francia	1	4
Total	57	445

[†] País con datos suficientes (≥ 3 ediciones y ≥ 20 problemas) incluido en el desglose porcentual de la sección 3.

Cada problema con su área principal (**Pr.**) y secundaria (**Sec.**) en código, y la justificación de la física dominante.

Códigos de área: **MEC** = Mecánica clásica; **EM** = Electromagnetismo; **TERMO** = Termodinámica; **ESTAD** = Física estadística; **QM** = Mecánica cuántica; **OPT** = Óptica; **REL** = Relatividad; **ASTRO** = Astrofísica y cosmología; **COND** = Materia condensada / estado sólido; **NUCL** = Física nuclear y de partículas; **ATOM** = Física atómica y molecular; **FLU** = Mecánica de fluidos; **ONDAS** = Ondas mecánicas y acústica; **MISC** = Otros / interdisciplinar / estimación.

#	Problema	Pr.	Sec.	Justificación
FINALES INTERNACIONALES				
PLANCKS 2014				
1	Graphene	QM	COND	Se resuelve una ecuación de onda cuántica acoplada (tipo Dirac) para electrones en grafeno, derivando relación de dispersión y la paradoja de Klein; la física dominante es mecánica cuántica.
2	Newton's Cradle	MEC	–	Colisiones elásticas unidimensionales con conservación de energía y momento; mecánica clásica de choques.
3	2DEG at the AlGaAs-GaAs interface	QM	COND	Cálculo variacional del estado fundamental de un electrón en pozo triangular resolviendo Schrödinger; mecánica cuántica aplicada a un gas 2D en un semiconductor.
4	Exercises on Particle Physics	NUCL	REL	Identificación de partículas, deflexión en campos magnéticos y masa invariante de desintegraciones; física de partículas con cinemática relativista de apoyo.
5	Laser cooling	ATOM	OPT	Sistema atómico de dos niveles, dispersión de fotones y fuerzas radiativas para enfriar átomos; interacción luz-materia a nivel atómico.
6	No-cloning theorem	QM	–	Productos internos de estados, unitariedad, pares de Bell y no-comunicación superlumínica; información cuántica pura.
7	Connecting the dots	ESTAD	MISC	Modelos de loops 2D (Ising/XY/polímeros) resueltos vía recurrencia, función generatriz (números de Catalan) y entropía de Boltzmann; combinatoria de física estadística.
8	Glaciers and climate change	FLU	TERMO	Modelo de flujo de hielo bajo gravedad, balance de masa, flotación y longitud de equilibrio de un glaciar; mecánica de un fluido (hielo) con sensibilidad térmica climática.
9	24 Hours in a Day - are there?	ASTRO	MEC	Movimiento orbital y rotacional de la Tierra, día solar verdadero, analema y ecuación del tiempo por excentricidad y oblicuidad; mecánica celeste/astrofísica posicional.
10	Dzyaloshinskii-Moriya interactions and skyrmions	COND	EM	Funcional de energía magnética de un ferromagneto, interacción DM, espirales de espín y número de enrollamiento de skyrmiones; magnetismo de materia condensada.
PLANCKS 2015				
1	A Positron in an Electric Field	REL	EM	El núcleo es el movimiento de una carga a velocidades relativistas en campos eléctricos y magnéticos, con factor de Lorentz, ecuación de movimiento relativista y transformación de campos; la dinámica relativista domina.
2	Configurations of DNA Molecules	ESTAD	MEC	Se trata de fluctuaciones térmicas de polímeros (cadena worm-like y freely jointed chain), correlaciones tangente-tangente y distancia cuadrática media, física estadística de cadenas con energía elástica de flexión.
3	Falling Slinky	MEC	–	Dinámica newtoniana de un muelle (ley de Hooke) suspendido y en caída libre: forma de equilibrio estática y evolución del centro de masas y del extremo superior bajo gravedad.

... continúa de la página anterior

4	Measuring Interlayer States in Graphene and Graphite	COND	QM	Estados electronicos entre capas de grafeno/grafito, acoplamiento tipo tight-binding (integral de salto), formacion de bandas y dispersion $\epsilon(k_z)$: fisica de estado solido de materiales en capas.
5	Physics of Oil and Gas Production	FLU	–	Flujo viscoso en medios porosos: porosidad, viscosidad, ley de Poiseuille y ley de Darcy, perfil de velocidades y caida de presion; hidrodinamica de fluidos en poros.
6	Scattering	QM	NUCL	Dispersion cuantica con potencial de Yukawa (aproximacion de Born), seccion eficaz diferencial, ondas parciales, teorema optico y disco negro; el formalismo de mecanica cuantica de scattering domina.
7	Single Atom Contacts	COND	ESTAD	Transporte cuantico en conductores nanoscopicos: formula de Landauer, canales de conduccion y ruido de disparo; fisica de materia condensada de contactos atomicos y optimizacion de las transmisiones.
8	Solar Sail	MEC	EM	Mecanica orbital de una vela solar impulsada por presion de radiacion: aceleracion, ecuacion de evolucion radial en coordenadas polares y comparacion de trayectorias alrededor del Sol; dinamica orbital domina.
9	The Quantum Mechanical Beamsplitter	QM	OPT	Optica cuantica: cuantizacion del campo, operadores de creacion/aniquilacion, accion unitaria del beamsplitter sobre estados de Fock e interferencia de fotones (Hong-Ou-Mandel); QM principal, OPT secundario.
10	Wind Drift of Icebergs Explained	FLU	–	Capas de Ekman: ecuacion de Navier-Stokes en marco rotante, balance geostrofico y Coriolis, capa limite viscosa en el oceano; mecanica de fluidos geofisica domina.

PLANCKS 2016

1	Spheres in Contact	MEC	–	Dinamica de cuerpos rigidos bajo gravedad con movimiento sin friccion, conservacion de energia, velocidades de despegue y colision elastica: mecanica clasica.
2	The apparent air temperature in a windy winter day	TERMO	–	Transferencia de calor por conveccion entre piel y aire; estimacion de la temperatura aparente (wind chill) a partir del flujo termico: termodinamica.
3	Huygens cycloidal pendulum	MEC	–	Particula que se mueve sin friccion sobre una cicloide; se pide la funcion de Lagrange, la ley de movimiento y el periodo: mecanica lagrangiana/oscilaciones.
4	Piezoelectric voltage from super-currents	EM	–	Espiras superconductoras con corriente, flujo magnetico, voltaje inducido en el material piezoelectrico: dominado por electromagnetismo (inducccion y flujo).
5	Sum Rules	QM	NUCL	Formalismo cuantico de funcion de fuerza, momentos, conmutadores y regla de suma ponderada en energia; el contexto nuclear (dipolar de nucleos) es secundario.
6	Dynamical Symmetries	QM	–	Operador de Runge-Lenz cuantico, conmutadores con el hamiltoniano, simetria $SO(4)$ del atomo de hidrogeno: formalismo de mecanica cuantica.
7	Neutron star	ASTRO	NUCL	Formula semiempirica de masa con termino gravitatorio para hallar el radio minimo de una estrella de neutrones; el objeto compacto astrofisico es el foco, con fisica nuclear secundaria.
8	Elementary particles	NUCL	REL	Resonancia Δ^{++} , desintegracion, numeros cuanticos, modelo de quarks; cinematica relativista de la vida media y energia del pion como herramienta secundaria.
9	Rapidity and reference systems	REL	–	Transformacion de la rapidity entre sistemas de referencia inerciales bajo Lorentz: relatividad especial.

... continúa de la página anterior

10	Langmuir law	ESTAD	TERMO	Isoterma de adsorción de Langmuir tratada con colectividades gran canónica y canónica, potenciales químicos y razón de cobertura: física estadística con termodinámica secundaria.
----	--------------	-------	-------	--

PLANCKS 2017

1	Laser ionization	ATOM	OPT	Ionización resonante de átomos por láser: transiciones entre niveles atómicos, anchura natural, coeficientes de Einstein y estructura hiperfina; la física dominante es atómica/espectroscópica.
2	Generalised 1D Brownian motion	ESTAD	MEC	Movimiento browniano vía ecuación de Fokker-Planck, distribución en espacio de fases, operador de colisiones y estado estacionario: física estadística de no equilibrio.
3	Particle Physics	NUCL	–	Modelo estándar de partículas: clasificación de reacciones (fuerte/EM/débil), conservación de números leptónico y bariónico, diagramas de Feynman y detección; física de partículas.
4	Nuclear/Neutron physics	NUCL	–	Energía de fisión del U-235 y fusión D-T a partir de defectos de masa, y cinemática de dispersión neutrón-núcleo; física nuclear.
5	Solid state physics	COND	EM	Conductividad óptica de sólidos, estructura de bandas, masa efectiva y regla de suma para electrones de conducción en bismuto: física de materia condensada.
6	Two accelerating locomotives connected by a tin-can-telephone	REL	–	Relatividad especial: aceleración a velocidades relativistas, simultaneidad, contracción de Lorentz del hilo y comparación de relojes; cinemática relativista.
7	Carnot cycle with van-der-Waals gas	TERMO	–	Ciclo de Carnot con gas de van der Waals: procesos adiabáticos/isotermos, calores intercambiados y eficiencia mediante el primer principio; termodinámica.
8	Crystal geometry	COND	–	Geometría cristalina de teselados (Cairo y TriHex): redes de Bravais 2D, celda unidad y grupos de simetría (wallpaper groups); cristalografía de estado sólido.
9	Spin Qubits	QM	–	Cuatro espines 1/2 acoplados (Heisenberg), uso de invariancia rotacional y momento angular total, estados fundamentales, dinámica temporal y susceptibilidad: mecánica cuántica de espines.
10	Tribute to Joseph Ritter von Fraunhofer	OPT	ATOM	Parte A: difracción de Fraunhofer por una rendija (campo e intensidad), óptica ondulatoria; Parte B: desdoblamiento del doblete del sodio por acoplamiento espín-orbita (atómico).

PLANCKS 2018

1	Harmonic Oscillator	QM	EM	Partícula cuántica en oscilador 2D con potencial vector de solenoide (efecto Aharonov-Bohm): se resuelve la ecuación de Schrödinger, transformaciones de gauge y momento angular, física dominante cuántica.
2	Trans-polyacetylene	COND	QM	Aproximación de enlace fuerte y teorema de Bloch en una cadena polimérica: estructura de bandas, gap, aislante topológico y estados de borde, física de estado sólido.
3	The Unruh effect	REL	QM	Observador uniformemente acelerado en espaciotiempo plano (coordenadas de Rindler) y cuantización de campo escalar: efecto Unruh, marco relativista dominante con teoría cuántica de campos.
4	Redshifted 21-cm signal from the Epoch of Reionization	ASTRO	TERMO	Señal cosmológica de 21 cm desplazada al rojo, transferencia radiativa, temperatura de espín y CMB en contexto cosmológico de la reionización, foco astrofísico.

... continúa de la página anterior

5	Motion of point charge in the presence of the magnetic monopole	EM	MEC	Movimiento de carga puntual bajo la fuerza de Lorentz de un monopolo magnetico, momento angular del campo electromagnetico; la fisica dominante es electromagnetica.
6	Cosmic Magellan	ASTRO	REL	Propagacion de luz en universo FRW cerrado, factor de escala y corrimiento al rojo dando la vuelta al universo: cosmologia, foco astrofisico.
7	Solar neutrinos	NUCL	ASTRO	Cadena de reacciones nucleares ppI en el Sol, espectro de neutrinos por procesos beta y energia liberada por nucleo de helio: fisica nuclear dominante.
8	Motion on a torus	MEC	–	Particula ligada a la superficie de un toro: lagrangiano, constantes de movimiento, potencial efectivo y naturaleza de las orbitas, mecanica clasica.
9	Almost oscillating	MEC	–	Semiesfera solida sobre hielo sin friccion: centro de masa, momento de inercia y pequenas oscilaciones de cuerpo rigido, mecanica clasica.
10	Phase transitions in contagion models using complex networks	ESTAD	MISC	Modelo de contagio en redes complejas tratado como sistema estadistico: puntos fijos, transicion de fase, exponentes criticos y comparacion con exponentes de campo medio.

PLANCKS 2019

1	Mono- and Multilayer adsorption	ESTAD	TERMO	Modelo de adsorcion Langmuir/BET con sitios, ocupaciones y constantes de equilibrio; la fisica dominante es la conexion micro-macro estadistica de cubrimiento.
2	Quantum Optics	QM	OPT	Beamsplitter cuantico con fotones individuales, estados en notacion bra-ket y efecto Hong-Ou-Mandel; la estadistica cuantica de fotones es lo dominante.
3	Radical pair spin chemistry	QM	ATOM	Hamiltoniano de espines electronicos y nuclear con interaccion hiperfina, autoestados de espin total y transiciones singlete-triplete; formalismo cuantico de espines.
4	Relativistic Orbit	REL	MEC	Precesion del perihelio derivada del lagrangiano relativista y energia cinetica relativista; el efecto dominante es la correccion de relatividad especial sobre la orbita.
5	Polymers and Rubber	ESTAD	TERMO	Fisica estadistica de cadenas (random walk gaussiano), entropia y energia libre de Helmholtz para deducir la fuerza entropica del caucho; conexion estadistica micro-macro.
6	Topological phase transition in the 2D XY-model	ESTAD	COND	Transicion de Kosterlitz-Thouless en el modelo XY: defectos topologicos, energia libre y temperatura critica desde mecanica estadistica de un modelo de red.
7	Higgs Mechanism	EM	COND	Se usan las ecuaciones de Maxwell y de London para deducir el apantallamiento del campo magnetico (Meissner) y la ecuacion de Proca; el nucleo es electromagnetismo en el superconductor.
8	Black Hole Picture	ASTRO	REL	Estimacion del radio, sombra y anillo de luz de M87* y del telescopio EHT; el foco es el objeto compacto astrofisico y su observacion.
9	Solid State Physics	COND	EM	Superficie de Fermi con masas efectivas, velocidad y aceleracion de electrones bajo campos E y B en la estructura de bandas; dinamica electronica en el solido.
10	Freezing Front	TERMO	–	Frente de congelacion controlado por conduccion de calor y liberacion de calor latente; el problema es de transferencia de calor y transicion de fase termodinamica.

PLANCKS 2020				
1	A snow plough problem	MISC	–	Es un problema de modelado matematico: se plantea una ecuacion diferencial de la tasa de avance del quitanieves y se resuelve, sin una teoria fisica dominante mas alla de la cinematica/estimacion.
2	Dotty Dinosaur (coupon collector)	MISC	–	Es un problema puro de probabilidad (problema del coleccionista de cupones), calculo del numero medio de tiradas; sin contenido fisico, metodo matematico.
3	A story of about the time of Einstein	REL	–	Trata la invariancia de la velocidad de la luz y la dilatacion temporal mediante el reloj de luz, nucleo de la relatividad especial.
4	Time of Flight	COND	–	Mide la movilidad de portadores de carga en un semiconductor (organico): tiempo de transito, trampas, niveles LUMO; fisica de transporte en estado solido.
5	Phonon assisted charge transport in 2D	COND	–	Transporte de carga asistido por fonones en una red 2D con regla de oro de Fermi, densidad de estados y red de resistencias; fisica de materia condensada.
6	Newcomen’s Beam Engine	FLU	MEC	El calculo dominante usa presion hidrostatica y atmosferica sobre pistones y la columna de agua para hallar el volumen de agua bombeado por ciclo; balance de fuerzas como apoyo.
8 (Q9)	Buried Room Problem	MEC	–	Campo gravitatorio en el centro de la Tierra mediante el teorema de la capa esferica (Newton); gravitacion newtoniana es la fisica dominante.
7 (Q8 IOP)	Tipping domino and simple pendulum	MEC	–	Estabilidad de un domino por analisis energetico del centro de masas y oscilaciones del pendulo simple; mecanica clasica (estatica/pequenas oscilaciones).
6 (1888 paper)	1888 Problem (orbit, Archimedes, gas laws, barometer, lightning, steam engine, electrolysis, magnet, camera, Gaussian integral)	MISC	–	Es un cuestionario historico interdisciplinar de respuestas cortas que abarca multiples areas (mecanica, fluidos, termo, EM, optica) mas una demostracion matematica; ninguna fisica domina.
PLANCKS 2021				
1	Quantum Mechanics	QM	–	Particula cargada en potencial armonico 3D isotropo: se resuelve con teoria de perturbaciones cuantica (transiciones desde el estado fundamental, acoplamiento minimo) y estados de muchos fermiones; la fisica dominante es la mecanica cuantica.
2	Tight-Binding models in a Magnetic Field	COND	QM	Modelo tight-binding en redes cristalinicas (cuadrada y grafeno) con sustitucion de Peierls, teorema de Bloch y niveles de Landau; el nucleo es la fisica del estado solido y estructura de bandas.
3	The evolution of accretion disks	ASTRO	FLU	Estructura y evolucion viscosa de un disco de acrecion circunestelar (equilibrio hidrostatico vertical, ecuacion de difusion, escala de tiempo viscosa); el foco es el objeto astrofisico, con mecanica de fluidos como herramienta.
4	Fluids and Fourier Transform applied to Solid State Physics	FLU	EM	El primer apartado (esfera vacia colapsando en fluido incompresible, ecuacion de Euler) es hidrodinamica pura; el segundo trata la polarizacion dielectrica via transformada de Fourier, por lo que la fisica de fluidos domina con EM como secundaria.
5	Exoplanets	ASTRO	–	Deteccion y caracterizacion de exoplanetas: velocidad radial, temperatura de equilibrio planetaria, supervivencia de atmosferas y deriva del gas en discos protoplanetarios; el contexto y la fisica dominante son astrofisicos.

... continúa de la página anterior

6	Cosmology	ASTRO	MEC	Derivacion newtoniana de la ecuacion de Friedmann y discusion de geometrias del Universo (potencial efectivo, expansion/colapso); es cosmologia, apoyada en mecanica gravitatoria newtoniana.
7	Nanotechnology	COND	QM	Espintronica (valvulas de espin, GMR), uniones tunel magneticas y puntos cuanticos (bandgap confinado); la fisica dominante es la de materia condensada y dispositivos nanoelectronicos.
8	Cosmological Consequences of Scalar Fields	ASTRO	–	Campos escalares en cosmologia: ecuacion de Friedmann, ecuaciones de continuidad/estado, energia oscura y variacion de la constante de estructura fina con el corrimiento al rojo; el nucleo es cosmologico.
9	Electromagnetism	EM	–	Proton en un campo magnetico uniforme: fuerza de Lorentz, movimiento circular, angulos de entrada/salida y efecto de un potencial electrostatico; la fisica dominante es el electromagnetismo (movimiento de cargas).
10	What Can Statistical Mechanics Tell us About Pressure, Buoyancy and Soap Bubbles?	ESTAD	TERMO	Definicion estadistica de presion local via colectividad canonica (densidad de particulas, distribucion de fuerzas), derivacion del principio de Arquimedes y de la ley de gas ideal/barometro de pompa de jabon; domina la fisica estadistica.
11	Medical Physics (Nuclear Magnetic Resonance)	EM	ATOM	Fisica de la resonancia magnetica (RMN/MRI): el momento magnetico del proton $\mu = \gamma J$ precesa en un campo B_0 (frecuencia de Larmor ω_0), con paso a un sistema de referencia rotante para describir la resonancia frente a un segundo campo de radiofrecuencia; el nucleo es la dinamica clasica de un momento magnetico en un campo (par $\mu \times B$) en contexto de resonancia magnetica nuclear.
12	Optics (light-pulse dispersion in optical fibers)	OPT	ONDAS	Optica de pulsos: un pulso de luz se divide en un prisma y se propaga por aire y por fibra con indice de refraccion dependiente de la longitud de onda (dispersion), con ensanchamiento temporal del pulso, limite de frecuencia de transmision y efectos no lineales (indice dependiente de la intensidad, efecto Kerr); el foco es la propagacion y dispersion de pulsos opticos en fibras.

PLANCKS 2022

1	On the Gravitational Three-Body Problem	MEC	–	Trata fuerzas gravitatorias newtonianas entre tres cuerpos, centro de masa/pseudo-masa y rotacion rigida del triangulo equilatero; la fisica dominante es la gravitacion y dinamica clasica newtoniana.
2	James Bond's Car Crash in Casino Royale	MEC	–	Analisis de fuerzas, pares, fuerza centrifuga, momento de inercia y condicion de vuelco de un solido rigido (el coche); es dinamica rotacional newtoniana clasica.
3	Rope around the World	MEC	–	Cuerda en campo gravitatorio uniforme: equilibrio de fuerzas en un elemento, tension y curva catenaria; es estatica/dinamica de un cuerpo continuo bajo gravedad.
4	The Galactic Centre Laboratory	ASTRO	REL	Masa de la Via Lactea y de Sgr A*, radio de Schwarzschild, instrumentacion astronomica y precision del pericentro de S2; el foco es astrofisico/cosmologico con tests de RG.
5	Conditions for a Self-Heated Fusion Plasma	NUCL	ESTAD	Reaccion de fusion D-T, reparto de energia entre alfa y neutron, potencia de calentamiento y criterio de Lawson; la fisica dominante es nuclear (reaccion y energetica del plasma).

... continúa de la página anterior

6	Boltzmann-Factors from Information Entropy	ESTAD	–	Deriva colectividades microcanonica/canonica y el factor de Boltzmann maximizando entropias (Shannon/Renyi) con multiplicadores de Lagrange; es fisica estadistica de la conexion micro-macro.
7	Active Brownian Particle	ESTAD	MEC	Particula activa con movimiento browniano: ecuaciones de Langevin, fuerzas/torques termicos aleatorios y promedios estadisticos; es fisica estadistica de no equilibrio.
8	Quantum Convolutional Neural Network	QM	–	Circuito cuantico con qubits, puertas CZ/CNOT, operadores de Pauli, estados estabilizadores y fase topologica protegida por simetria; es mecanica cuantica/informacion cuantica.
9	Hawking Radiation, the Logarithmic Phase Singularity, and the Inverted Harmonic Oscillator	QM	REL	Oscilador armonico invertido cuantico, ecuacion de Schrodinger, coeficientes de transmision/reflexion y analogia con radiacion de Hawking; el formalismo dominante es la mecanica cuantica.
10	Rare and Extreme Events in Nonlinear Physics: From Fiber Optics to Oceanic Waves	OPT	ONDAS	Propagacion de pulsos en fibras opticas regida por la ecuacion no lineal de Schrodinger, dispersion, difraccion, solitones y breathers; el foco es optica ondulatoria no lineal.

PLANCKS 2023

1	Quantum Mechanics	QM	EM	Se resuelve la ecuacion de Schrodinger para una particula en una cavidad cilindrica buscando niveles de energia (funciones de Bessel) y, con campo magnetico, el efecto Aharonov-Bohm; la fisica dominante es cuantica, con el potencial vector EM como ingrediente secundario.
2	Thermodynamics	TERMO	EM	Se estudia el equilibrio y estabilidad de una pompa de jabon cargada usando energia libre, tension superficial, relaciones de Maxwell termodinamicas y presion del gas; la termodinamica de la membrana domina, con electrostatica como apoyo.
3	Quantum Optics (Rabi oscillations, Ramsey fringes)	QM	ATOM	Oscilaciones de Rabi y franjas de Ramsey de un atomo de dos niveles: evolucion unitaria del estado, operadores de Pauli y probabilidades de transicion; es mecanica cuantica de un sistema de dos niveles, con la fisica atomica como contexto.
4	Structure of matter (Counting Spin-polarized Electrons)	COND	ESTAD	Gas de electrones a $T=0$ en una nanopartícula: niveles cuanticos en una caja, densidad de estados, mar de Fermi y termino de intercambio; es fisica del estado solido/electrones en solidos con estadistica de Fermi como soporte.
5	Classical Mechanics	MEC	–	Rodadura pura de una bola dentro de una cavidad esferica resuelta con Lagrangiano, conservacion de energia, reaccion del vinculo y friccion estatica; es mecanica clasica de cuerpo rigido.
6	Electromagnetism	EM	–	Cable coaxial con corriente estacionaria: campo electrico resolviendo Laplace, densidades de carga superficiales, vector de Poynting y momento del campo electromagnetico; electromagnetismo puro.
7	Medical Physics	NUCL	REL	Interaccion radiacion-materia: dispersion Compton, coeficientes de atenuacion, perdida de energia de hadrones (Bethe-Bloch), pico de Bragg y dispersion multiple; domina la fisica de radiaciones/particulas, con cinematica relativista como herramienta.
8	Astrophysics of protoplanetary discs	ASTRO	FLU	Estructura vertical y curva de rotacion de un disco protoplanetario alrededor de una estrella mediante equilibrio hidrostatico y gravedad estelar; es astrofisica, apoyada en mecanica de fluidos/gas.

... continúa de la página anterior

9	Particle physics	NUCL	REL	Rayos cosmicos de un magnetar: espectros y flujos de protones/neutrones/hierro, desintegracion de kaones y muones, cinematica de desintegraciones; es fisica de particulas con cinematica relativista relevante.
10	General relativity	REL	–	Perturbacion de Minkowski por ondas gravitacionales: ecuacion geodesica en gauge TT y corrimiento de frecuencia del foton; relatividad general pura.

PLANCKS 2024

1	Moment of Inertia	MEC	–	Calculo del momento de inercia de laminas (triangulo, n-gono, disco) integrando masa, concepto puro de dinamica del solido rigido.
2	Quaternions	MISC	–	Problema puramente matematico de algebra de cuaterniones (anticomutacion, exponencial de cuaternion), sin fisica dominante.
3	Mobius Strip.... Time Travel?	QM	–	Se resuelve la ecuacion de Schrodinger para una particula confinada en una banda de Mobius con condiciones de contorno; energias, autofunciones y evolucion temporal cuantica.
4	Icy Roof	MEC	–	Dinamica newtoniana: deslizamiento sobre superficie esferica, condicion de despegue por fuerza centripeta, conservacion de energia y tiro parabolico.
5	Floating Ring	EM	MEC	Induccion en anillo superconductor (flujo constante), fuerza de Lorentz que da lugar a una fuerza restauradora; la fisica dominante es electromagnetica con oscilacion mecanica.
6	Nuclear Medicine Scan	NUCL	–	Emision de fotones de un radionucleido y atenuacion (ley $dI = -\mu I dt$) para reconstruir la distribucion de actividad; fisica de la radiacion nuclear y su deteccion.
7	Dark Matter in the Galaxy	ASTRO	MEC	Curvas de rotacion galactica, densidad de materia oscura en el halo y masa de mini agujeros negros; contexto y objetivo astrofisico-cosmologico apoyado en mecanica orbital.
8	Icosahedron of Resistors	EM	–	Calculo de la resistencia efectiva entre vertices de una red de resistencias (icosaedro) usando simetria y leyes de circuitos.
9	Molecular Zipper	ESTAD	TERMO	Modelo de Kittel resuelto via funcion de particion canonica, energia libre, parametro de orden y transicion de fase; fisica estadistica con lectura termodinamica.
10	4D Sun	ESTAD	ASTRO	Radiacion de cuerpo negro en 4D con densidad de estados modificada y distribucion de Bose-Einstein para hallar el maximo espectral; fisica estadistica de fotones.

PLANCKS 2025

1	Levitation in an Anti-Helmholtz coil	EM	–	Se calcula el campo de induccion magnetica de bobinas (Biot-Savart) y la fuerza sobre una esfera magnetizable mediante susceptibilidad, campo desmagnetizante y momento dipolar; la fisica dominante es magnetostatica y respuesta de materiales magneticos.
2	Surface Adsorption	ESTAD	TERMO	Modelo de adsorcion en superficie tratado con coleccion microcanonica y canonica, funciones de particion y potenciales quimicos hasta deducir la isoterma de Langmuir; la fisica estadistica es la dominante, con apoyo termodinamico.
3	Second sound	TERMO	COND	Transporte de calor con la ecuacion de Maxwell-Cattaneo, recuperacion de la ley de Fourier, onda termica (segundo sonido) y produccion de entropia; la fisica dominante es termodinamica del transporte de calor, en contexto de fonones en solidos.

... continúa de la página anterior

4	Some questions about our universe	ASTRO	REL	Cosmología basada en las ecuaciones de Friedmann: evolución de densidades con el factor de escala, parámetro de desaceleración y edad del universo; el foco es cosmológico, con base relativista-gravitatoria.
5	Black Hole Shadow	REL	ASTRO	Se usa el potencial efectivo de Relatividad General de Schwarzschild para hallar la ISCO de un agujero negro; la física dominante es relativista (término GR del potencial), en contexto astrofísico de un agujero negro supermasivo.
6	Pulling a chain upwards with constant force	MEC	–	Dinámica de masa variable (acreción de cadena) con la segunda ley de Newton, ecuación diferencial para la velocidad, alturas máxima/mínima y oscilaciones; pura mecánica clásica newtoniana.
7	Stellar observation: from diffraction to interferometry	OPT	ASTRO	Difracción de Fraunhofer, criterio de Rayleigh, doble rendija de Young e interferómetro estelar de Michelson para medir diámetros angulares; la física dominante es óptica ondulatoria, aplicada a observación astronómica.
8	Graphene nanoribbons	COND	QM	Cálculo de la estructura de bandas y la apertura del gap en nanocintas de grafeno mediante aproximación tight-binding y teorema de Bloch; la física dominante es materia condensada (bandas y DOS), con formalismo cuántico de apoyo.
9	Quantum Grover algorithm and classical collisions	QM	MEC	El algoritmo de Grover (oráculo, reflexión, rotación en el espacio de estados marcado/no marcado) es el núcleo del problema; la equivalencia con colisiones elásticas clásicas es analogía secundaria de mecánica.

Preliminares — Países Bajos

Países Bajos 2012				
1	Maxwell's insight (charge at origin, displacement current)	EM	–	Carga decreciente en el origen, ley de Gauss, corriente y densidad de corriente, contradicción Ampere y término de desplazamiento de Maxwell.
2	Noise nuisance (Doppler effect of F16 overflight)	ONDAS	–	Efecto Doppler acústico a partir del espectro de frecuencia frente al tiempo: velocidad, altura y distancia del avión.
3	Thermo-electric transport and heating (Seebeck/Peltier)	TERMO	EM	Primera y segunda ley de la termodinámica aplicadas a coeficientes de transporte termoelectrónico (Seebeck, Peltier) y producción de calor.
4	A rotating cylinder (Ehrenfest paradox)	REL	MEC	Paradoja de Ehrenfest: contracción de Lorentz del perímetro frente al radio en un cilindro en rotación (relatividad especial).
5	Flow in a pipe (laminar/turbulent, shear stress, Reynolds)	FLU	–	Flujo viscoso en tubería, perfil de velocidad, esfuerzo cortante, número de Reynolds y caída de presión laminar/turbulenta.
6	Glaciers and climate (equilibrium length sensitivity)	MISC	TERMO	Modelo geofísico/climático de glaciar: balance de masa, línea de equilibrio y sensibilidad de la longitud a la temperatura; no domina un área física fundamental.
7	Fluorescence from a single molecule (Jablonski diagram)	ATOM	OPT	Niveles de energía molecular y transiciones radiativas/no radiativas (fluorescencia, ISC), vidas medias y sección eficaz de absorción.
8	Droplets in a cylinder (Kelvin equation from Gibbs energy)	TERMO	FLU	Derivación termodinámica (energía libre de Gibbs, potenciales químicos) de la presión de vapor de una gota con tensión superficial (ecuación de Kelvin).
9	Faster than light (Cherenkov radiation)	EM	REL	Radiación de Cherenkov: ángulo de emisión, índice de refracción, umbral para piones y dispersión cromática para estimar incertidumbre en el momento.

... continúa de la página anterior

10	The Metropolis Algorithm (Monte Carlo, Boltzmann sampling)	ESTAD	MISC	Promedio de ensemble, funcion de particion, muestreo de Boltzmann mediante Monte Carlo Metropolis y papel implicito de la entropia.
11	Stellar wind (Parker equation)	ASTRO	FLU	Modelo del viento solar via Bernoulli y gas adiabatico (ecuacion de Parker) y perdida de masa estelar; foco en el objeto astrofisico.
12	Determining average pore size in a filter (capillarity)	FLU	-	Ascenso capilar $h^2=ct$, tension superficial y determinacion experimental del diametro medio de poro mediante capilaridad.

Países Bajos 2013

1	Una diabolito como yoyo	MEC	-	Momento de inercia de conos, rodadura con deslizamiento, friccion y trabajo: dinamica del solido rigido.
2	Espectro molecular del NH (rotacion)	ATOM	QM	Niveles rotacionales cuantizados $BJ(J+1)$, ramas P/Q/R y efecto isotopico NH/ND: espectroscopia molecular.
3	Particulas de Majorana en hilo superconductor	QM	COND	Ecuaciones acopladas tipo Dirac, simetria particula-antiparticula y solucion a $E=0$ en un hilo superconductor.
4	Pulsos ultracortos de electrones	EM	MEC	Potencial de Poisson para nube elipsoidal cargada, campo electrico interno y expansion dinamica del paquete (emitancia).
5	Pour some sugar on me (chorro sobre balanza)	MEC	-	Flujo de masa con momento sobre balanza; lectura final tras detener el chorro: dinamica newtoniana de masa variable.
6	Reactor de fusion con Helio-3 lunar	NUCL	ESTAD	Reacciones de fusion d-t y d-3He, seccion eficaz, reactividad $\langle \sigma v \rangle$ termica y balance de potencia del plasma.
7	Fotones de un sincrotron	REL	EM	Aberracion relativista de la luz: angulo de emision de fotones en el laboratorio y haz de radiacion de sincrotron.
8	Estabilidad y el punto critico (gas de red)	ESTAD	TERMO	Modelo de gas de red en aproximacion de campo medio, energia libre $f(\phi)$, separacion espinodal y punto critico.
9	El reloj de agua y vortices puntuales	FLU	-	Bernoulli, vaciado de deposito (forma para nivel a velocidad constante) y dinamica de vortices puntuales en un flujo.
10	Acelerador laser-plasma (fuerza ponderomotriz)	EM	REL	Movimiento relativista de electron en campo laser via potencial vector, derivacion de la fuerza ponderomotriz longitudinal.
11	Medida de posicion de una wafer stage	OPT	-	Interferometro de polarizacion HeNe, profundidad de modulacion, error por burbuja de aire (indice) y por velocidad de la luz.
12	El experimento GHZ	QM	-	Estado entrelazado de 3 qubits, puertas Hadamard y relaciones GHZ que refutan el realismo local: informacion cuantica.

Países Bajos 2014

1	Bicycle Physics	MEC	-	Dinamica newtoniana: potencia, fuerza motriz del camino, deceleracion por gravedad y por resistencia del aire proporcional a v^2 .
2	Magnetic Monopole	EM	MEC	Movimiento de un electron en el campo de un monopolio magnetico; fuerza de Lorentz y constantes de movimiento (energia, vector de Poincare), dinamica de la trayectoria.
3	Formation of a rainbow	OPT	-	Optica geometrica: refraccion/reflexion en gota esferica, angulo de desviacion minimo, dispersion (ley de Cauchy) y formacion del arco iris primario y secundario.

... continúa de la página anterior

4	Draining a barrel	FLU	–	Hidrodinamica: vaciado cuasi-estacionario de un deposito con manguera, Bernoulli con perdidas por friccion, optimizacion del tiempo de drenaje.
5	A precarious equilibrium	MEC	QM	Caida de una aguja vertical como pequena oscilacion/rotacion sobre la punta (momento de inercia, ecuacion del movimiento); el principio de incertidumbre solo fija la condicion inicial.
6	Filtering by many identical systems	MISC	–	Metodos matematicos: sistemas LTI, transformada de Fourier de la respuesta impulso, convolucion repetida y teorema central del limite; sin area fisica dominante.
7	Bouncing Battery	EM	–	Bateria que rebota entre dos contactos modelada como condensador de placas paralelas variable; corriente de desplazamiento y potencia disipada en la resistencia.
8	Temperature in a finite system	ESTAD	TERMO	Fisica estadistica: colectividades microcanonica y canonica, definicion correcta de temperatura via entropia, densidad de estados y desviaciones del teorema de equiparticion en sistemas finitos.
9	Space Mirrors	REL	–	Relatividad especial: espejos que se alejan a $4c/5$, tiempos de propagacion del pulso laser y efecto Doppler relativista en reflexiones sucesivas.
10	Shapiro Spikes	COND	QM	Efecto Josephson AC en una union SIS; supercorriente con voltaje dc+ac, expansion en funciones de Bessel y escalones/picos de Shapiro (superconductividad).
11	Cooperative binding in biological systems	ESTAD	MISC	Modelo tipo Ising en anillo de N proteinas con energia de ligando y acoplamiento entre vecinos; funcion de particion, numero medio de ligandos y limites (biofisica).

Países Bajos 2015

1	Time is money: bead on a cycloidal wire (Huygens pendulum)	MEC	–	Lagrangiana de una partícula sobre alambre cicloide, ecuacion de movimiento e isocronismo del pendulo de Huygens.
2	Symmetry in molecular physics (butadiene, C_{2h} point group)	ATOM	QM	Teoria de grupos aplicada a orbitales moleculares, reglas de seleccion espectroscopicas y modos normales vibracionales del butadieno.
3	Statistical mechanics: classical vs quantum ideal gas	ESTAD	–	Funcion de particion canonica, ecuacion de estado clasica y presion de gases ideales de fermiones y bosones.
4	Torque magnetometer	EM	–	Par magnetico sobre un momento en campo inhomogeneo para medir respuesta magnetica anisotropa (dia/para/ferromagnetica).
5	Rigid body rotations and Chandler wobble	MEC	ASTRO	Tensor de inercia del elipsoide terrestre, ecuaciones de Euler y periodo de bamboleo libre de un solido rigido.
6	Emission, energy transfer and time-resolved spectroscopy	ATOM	–	Niveles vibronicos moleculares, fluorescencia, rendimiento cuantico y transferencia de energia de Forster entre moleculas.
7	Concentrated solar power - Carnot cycle generator	TERMO	–	Eficiencia Carnot acoplada a balance de radiacion de cuerpo negro y optimizacion de la temperatura del generador.
8	A decelerating electron in a bubble chamber	REL	EM	Impulso relativista de un electron en campo magnetico a partir del radio de curvatura; gamma, energia y perdida de energia por metro.
9	Nucleosynthesis in the early universe	ASTRO	NUCL	Cosmologia de la fase dominada por radiacion, freeze-out proton/neutron y abundancia primordial de helio-4.
10	Klein tunneling in graphene	COND	QM	Hamiltoniano de Dirac efectivo de la red hexagonal del grafeno y tunelaje de Klein a traves de una barrera de potencial.

Países Bajos 2016				
1	Train Problem (aire en un tren acelerado: equilibrio y onda de sonido)	FLU	ONDAS	Ecuaciones de continuidad y Euler de un fluido (aire ideal) en un marco acelerado; equilibrio hidrostático y derivación/solución de la ecuación de onda acústica linealizada.
2	Non-interacting spins (espines no interactuantes en campo externo, temperatura negativa)	ESTAD	TERMO	Función de partición, probabilidades de Boltzmann, energía y entropía por espín del modelo paramagnético; temperatura negativa y cambio de entropía entre subsistemas.
3	Bound states at edges (modelo tight-binding, teoría de Dirac efectiva y estados de borde)	COND	QM	Hamiltoniano de Bloch en red cuadrada, relación de dispersión, Dirac 2D efectivo con término de masa y estados ligados de borde topológicos (estado sólido).
4	Low energy photons and gauge invariance (teorema de bajas energías, fotones blandos)	EM	NUCL	Emisión de fotones blandos por una partícula cargada, amplitudes, exponenciación del campo y restauración de la invariancia gauge (QFT/teoría de campos electromagnética).
5	Shockley-Queisser limit (límite de eficiencia de células solares)	COND	TERMO	Bandgap de semiconductores y conversión fotovoltaica integrando el espectro de cuerpo negro (aprox. de Wien) para obtener la eficiencia máxima frente a Eg.
6	Relativistische veld-ten (transformaciones de Poincaré de campos; Klein-Gordon y Dirac)	REL	QM	Grupo de Poincaré actuando sobre campos escalares/vectoriales, invariancia de masa, ecuaciones de Klein-Gordon y Dirac y álgebra de las matrices α (teoría relativista de campos).
7	The Amsterdam problem (polea con fricción de cuerda, ecuación de la capstan)	MEC	–	Estatica con fricción cuerda-polea: fuerza mínima para sostener una masa vía la relación exponencial de la capstan (dinámica newtoniana con rozamiento).
8	Gravitational effects of sea level change (autogravitación de capa de hielo y nivel del mar)	MEC	MISC	Potencial gravitatorio newtoniano de una capa de hielo, superficies equipotenciales y conservación de masa de agua para hallar el cambio real del nivel del mar (gravitación aplicada a geofísica).
Países Bajos 2018				
1	Holography (signals / Fourier transform model)	OPT	MISC	Modelo 1D de holografía (grabación con sensor de intensidad y reconstrucción con onda plana); física dominante es óptica ondulatoria, resuelta con transformadas de Fourier y filtrado.
2	The K.J.U Space Program	MISC	NUCL	Estimación tipo Fermi: energía cinética para viaje interestelar, calor de combustión de hidrocarburos vía energías de enlace y comparación con fusión nuclear H->He; problema de estimación interdisciplinar.
3	Particle Creation in Strong Fields	QM	REL	Ecuación de Klein-Gordon relativista para una partícula en campo eléctrico, potencial efectivo, solución WKB y amplitud de túnel para creación de pares; cuántica relativista.
4	Turtle versus Hare (relativity race)	REL	–	Transformaciones de Lorentz, dilatación temporal y simultaneidad en una carrera; relatividad especial pura.
5	Elasticity of Polymers	ESTAD	MEC	Cadena freely-jointed: distribución gaussiana del vector extremo-extremo vía transformada de Fourier, energía libre y constante elástica entropica; física estadística.
6	Newton Rings	OPT	–	Interferencia en película delgada de aire entre lente y plano; radios de anillos claros/oscuros, índice de refracción; óptica ondulatoria clásica.

... continúa de la página anterior

7	Correcting Quantum Errors	QM	–	Codigo de repeticion de correccion de errores cuanticos: puertas (CNOT, H, Z), entrelazamiento, deteccion de bit-flip con ancillas; informacion cuantica.
8	Electrostatic Lenses in the MAPPER Electron Lithography Machine	EM	MISC	Expansion en serie del potencial electrostatico (Laplace), efecto lente y aberraciones cromatica/esferica, distancia focal de una lente electrostatica; electrostatica/optica de electrones.
9	White Dwarfs, Neutron Stars and Black Holes	ASTRO	MEC	Objetos compactos: limite de Chandrasekhar, supernova tipo Ia, periodo rotacional minimo del pulsar del Cangrejo y radio de Schwarzschild; astrofisica de objetos compactos.

Países Bajos 2019

1	Graphene with a twist	COND	QM	Red reciproca, factor de estructura, patron de Moire en bicapa retorcida y densidad de carga con dispersion de Dirac: fisica de estado solido/cristalografia de grafeno.
2	Three-level quantum system	QM	–	Hamiltoniano hermitico de tres niveles, notacion matricial, teoria de perturbaciones (degenerada) y cambio de base: formalismo de mecanica cuantica.
3	Putting equilibrium fluctuations to work (nanofluidics)	ESTAD	FLU	Fluctuaciones de equilibrio, funciones de auto/cross-correlacion y ecuacion de difusion-conveccion (movimiento browniano) en nanocanal: fisica estadistica de fluctuaciones.
4	Infinite potential (vector potential of a cylinder)	EM	–	Calculo del potencial vector magnetico A de una corriente superficial en un cilindro fino y largo: magnetostatica.
5	Touching pulses (fiber dispersion)	OPT	–	Dispersion intramodal en fibra monomodo, velocidad de grupo y ensanchamiento de pulsos laser: optica de fibras.
6	The Clements decomposition	QM	OPT	Interferencia controlada de modos opticos mediante matriz unitaria, conteo de parametros y beam splitters para computacion cuantica fotonica: optica cuantica.
7	Fast spinning with electrons (spin qubits)	QM	COND	Qubits de espin en puntos cuanticos de silicio, esfera de Bloch, pulsos ESR, dephasing y secuencias de pulsos: mecanica cuantica de informacion/control de espin.
8	Pointy ice drops	FLU	TERMO	Forma conica de gota al congelarse: conservacion de masa con cambio de densidad solido/liquido y geometria del frente de congelacion (capilaridad/frente perpendicular).
9	The relativity of electric and magnetic fields	REL	EM	Fuerza electrica/magnetica sobre carga junto a hilo de corriente, contraccion de densidades de carga entre marcos: relatividad especial aplicada al electromagnetismo.

Países Bajos 2020

1	The Power of Accretion (black hole accretion, MHD, Poynting flux)	EM	EM	Acrecion sobre agujero negro con magnetohidrodinamica: foco en el objeto astrofisico, pero la fisica de resolucion es campos EM (Lorentz, flujo de Poynting, MHD).
2	Higgs Mechanism in Electrodynamics (Meissner effect in superconductor)	EM	COND	Campo magnetico en un superconductor BCS: ecuaciones de Maxwell, potencial vector y ecuacion de London (efecto Meissner); fisica dominante electromagnetica.
3	Microtubule Length Control (Kip3 antenna mechanism, rate equations)	MISC	–	Modelo cinetico de ecuaciones de tasa para longitud de microtubulos en biofisica; sin area fisica clasica dominante, interdisciplinar.

... continúa de la página anterior

4	Gravitoelectromagnetism and AMO Physics (frame-dragging, clock shift)	REL	ATOM	Aproximacion gravitoelectromagnetica a relatividad general (frame-dragging, corrimiento de reloj gravitacional) aplicada a espectros atomicos/moleculares.
5	Nature's Near-Perfect Clocks (pulsar timing)	ASTRO	MEC	Cronometria de pulsares: radio, spin-down y residuos por orbita terrestre; foco en el objeto astrofisico (estrella de neutrones) con dinamica rotacional/orbital.
6	The Kapitza Pendulum (driven rigid pendulum, effective potential)	MEC	-	Pendolo rigido forzado: lagrangiano, separacion de modos rapido/lento y potencial efectivo; mecanica clasica de oscilaciones.
7	Topological Mechanical Metamaterials (rotor chain, dispersion, Berry phase)	MEC	COND	Cadena de rotores con muelles: ecuaciones de movimiento, relacion de dispersion e invariante topologico analogo a modelo tight-binding (SSH) de materia condensada.
8	Spin Dynamics Due To Mobile Electron (two spins + hopping electron)	QM	-	Sistema de espines 1/2 con electron que salta: operadores de espin, Hamiltoniano, simetrias y evolucion temporal; mecanica cuantica pura.

Países Bajos 2023

1	Simple model system for rod-like particles (nematic ordering, virial/Onsager)	ESTAD	COND	Energia libre de Helmholtz en aproximacion virial, parametro de orden nematico, transicion isotropo-nemático de varillas duras: fisica estadística de un sistema de muchas particulas (tipo Onsager/cristal liquido).
2	Oppenheimer - igniting the atmosphere (nuclear fusion, barriers, bremsstrahlung, Compton)	NUCL	EM	Reacciones de fusion nuclear del nitrógeno, conservacion de A y Z, energias de reaccion y barreras coulombianas; mecanismos de enfriamiento por bremsstrahlung y Compton inverso (radiacion EM).
3	Falling slinky (forma de equilibrio y dinamica de caida)	MEC	-	Muelle continuo bajo gravedad: forma estatica por ley de Hooke, dinamica de caida del centro de masas y propagacion del colapso; mecanica clasica de un sistema deformable.
4	Charged particles around a black hole (Schwarzschild, Kepler modificado, radiacion)	REL	EM	Movimiento de particula cargada en metrica de Schwarzschild con campo magnetico: tercera ley de Kepler modificada, orbitas en relatividad general; perdida de energia por radiacion EM y gravitatoria.
5	Supersymmetric quantum mechanics and exactly solvable models	QM	-	Operadores A y A-daga, hamiltonianos companeros, estados de energia cero y potenciales tipo $sech^2$: formalismo de mecanica cuantica supersimetrica.
6	Measurement of B meson decay time distribution at PEP-II	NUCL	REL	Mesones B y resonancias Upsilon, cinematica de desintegracion de dos cuerpos, boost y tiempos propios en colisionador asimetrico: fisica de particulas con cinematica relativista.
7	Light absorption by a photo-system followed by charge separation	MISC	QM	Biofisica de la fotosintesis: tasas de decaimiento, probabilidades de separacion de carga frente a desexcitacion en pigmentos; problema interdisciplinar de cinetica/probabilidad sin area fisica dominante clara.

Países Bajos 2024

1	Tilted Butter (mantequilla sobre plano inclinado caliente)	FLU	TERMO	Velocidad terminal de un bloque que desliza sobre capa fina de liquido viscoso (perfil de velocidad lineal, esfuerzo cortante) combinada con fusion, conduccion de calor y calor latente.
2	Frictionless Ball (curva braquistocrona)	MEC	MISC	Problema variacional de braquistocrona: minimizar tiempo de descenso bajo gravedad usando Euler-Lagrange; resultado cicloide. Dinamica clasica con calculo de variaciones.

... continúa de la página anterior

3	Quantum description of electron spin at a topological surface	QM	COND	Hamiltoniano de Dirac 2D con matrices de Pauli, autoenergias, espinores, valores esperados de espin, fase de Berry y bloqueo espin-momento en aislante topologico.
4	Plasmon-enhanced molecular biosensing	ATOM	EM	Modos vibracionales moleculares (oscilador armonico vs Morse), reglas de seleccion con polinomios de Hermite, dispersion Raman/Rayleigh y realce por plasmon (potencial de esfera conductora).
5	Feeling Hot Hot Hot (capacidad calorifica)	ESTAD	TERMO	Calor especifico de sistema de dos niveles, modelo de Einstein de osciladores, gas ideal y gas de Fermi; limites alta/baja T, equiparticion, escala de T_Fermi.
6	Fata Morgana (valvula neumatica de animatronico)	MEC	FLU	Dinamica de un piston con muelle, friccion viscosa/estatica y resistencia fluida: estado estacionario, ecuaciones diferenciales del transitorio, linealizacion y modelo en espacio de estados.
7	Free-electron lasers	EM	REL	Movimiento relativista de electrones en campo de ondulator (potencial vector), velocidad transversal, parametro de ondulator, longitud de onda resonante (doble efecto Doppler) y micro-agrupamiento para amplificacion coherente.
8	Polymer coatings exposed to vapors (recubrimientos polimericos)	ESTAD	TERMO	Modelo de red Flory-Huggins: entropia de mezcla, estadistica de cadena polimerica (caminata aleatoria 1D, distribucion gaussiana extremo-extremo), entropia elastica, potencial quimico y altura de brush.

Preliminares — Italia

Italia 2017

1	A gentle persuasion (two coupled pendulums via gravitational attraction)	MEC	–	Lagrangiano, pequenas oscilaciones, modos normales y batido entre dos pendulos acoplados gravitatoriamente; pura mecanica analitica.
2	Optical Cavities: The Fabry-Perot Etalon	OPT	–	Interferometro Fabry-Perot: relaciones de Stokes, suma de ondas parciales, intensidad transmitida y franjas de interferencia; optica ondulatoria clasica.
3	Long range molecular interactions (multipole expansion, perturbation theory)	QM	ATOM	Expansion multipolar electrostatica tratada con teoria de perturbaciones de 1er/2o orden (van der Waals, polarizabilidad) sobre estados moleculares; dominante mecanica cuantica molecular.
4	Cesium hyperfine structure and atomic clocks	ATOM	EM	Estructura hiperfina del Cs-133, factores de Lande, efecto Zeeman en campo debil/fuerte y relojes atomicos; fisica atomica con campo magnetico.
5	Some beer physics (capillarity and ethanol reaction kinetics)	FLU	MISC	Ecuacion de Laplace, tension superficial y capilaridad para el espesor de pelicula; segunda parte de cinetica quimica (decaimiento), interdisciplinar.
6	Dark Matter and Gravitational Lensing	ASTRO	MEC	Curva de rotacion galactica, halo oscuro, deflexion gravitatoria de luz, anillo de Einstein y profundidad optica; foco astrofisico/cosmologico.
7	Superelectrodynamics (superconductors, London equation, Meissner)	COND	EM	Ecuaciones de London, longitud de penetracion y efecto Meissner en superconductores; materia condensada con electrodinamica de Maxwell.
8	Motor stunting (motorcycle front flips)	MEC	–	Momentos de inercia (ejes paralelos, escalado), salto balistico, rotacion por frenado y deslizamiento con friccion; mecanica del solido rigido.
9	The Bathtub Problem (draining tub via vertical pipe)	FLU	–	Conservacion de masa y ecuacion de Bernoulli para el vaciado de una banera; hidrodinamica.

... continúa de la página anterior

10	A quantum one-dimensional wire	QM	COND	Schrodinger en pozo infinito 2D, relacion de dispersion, criterio de confinamiento 1D y acoplo espin-orbita por campo electrico; cuantica de un hilo electronico.
11	Ideal Qubits in canonical and microcanonical ensemble	ESTAD	QM	Funcion de particion de N qubits de dos niveles, energia libre, entropia, energia media, calor especifico y colectividad microcanonica; fisica estadistica.
12	Feynman-Hellmann theorem and the hydrogen atom	QM	ATOM	Teorema de Feynman-Hellmann aplicado al atomo hidrogenoide para obtener $\langle 1/r \rangle$, $\langle 1/r^2 \rangle$, $\langle 1/r^3 \rangle$; valores esperados de la funcion de onda hidrogenica.

Italia 2018

I	Thermodynamics: Carnot cycle with a Van der Waals real gas	TERMO	-	Ciclo de Carnot con gas de Van der Waals: energia, entropia, calores intercambiados y eficiencia; termodinamica pura.
V	Energy flux vector and continuity equation in quantum mechanics	QM	-	Ecuacion de Schrodinger y ecuacion de continuidad para la energia; formalismo cuantico.
II	The classical Zeeman effect	EM	MEC	Particula cargada en campo de Coulomb mas campo magnetico variable; fuerza de Lorentz, momento angular y correccion a la frecuencia orbital.
IV	Friedmann equations derived from Newtonian mechanics	ASTRO	MEC	Derivacion newtoniana de las ecuaciones de Friedmann de la expansion del Universo; cosmologia con energia y gravitacion.
VI	Spring model of atomic bonding: Young modulus of a simple cubic metal	COND	MEC	Modelo de muelles para enlaces en red cubica simple para obtener el modulo de Young; fisica del estado solido.
III	Michelson interferometer with He-Ne laser, beam expander and beam splitter	OPT	-	Interferometro de Michelson, modos longitudinales de laser, haz gaussiano, franjas y contraste; optica ondulatoria clasica.

Italia 2019

2.1	Two disks and an ideal spring	MEC	-	Mecanica lagrangiana de dos discos rigidos (uno rueda sin deslizar) unidos por un muelle ideal: funcion de Lagrange, leyes de conservacion y dinamica.
2.2	Potential generated by two infinite half cylinders	EM	-	Electrostatica de contorno: resolver la ecuacion de Laplace en coordenadas cilindricas para el potencial dentro de un cilindro con dos mitades a $+V_0$ y $-V_0$.
2.3	Einstein coefficients and harmonic oscillator	QM	ESTAD	Coefficientes de Einstein (emision espontanea/inducida y absorcion) aplicados a un oscilador cuantico en equilibrio con radiacion; deducccion de la distribucion de Planck via Boltzmann.
2.4	Pion decay $\pi^+ \rightarrow \mu^+ \nu_\mu$	NUCL	REL	Fisica de particulas: desintegracion del pion, supervivencia del haz, cinematica relativista de la desintegracion en CM y LAB y distribucion plana de energia del muon.
2.5	Rotation curve of a galaxy	ASTRO	MEC	Astrofisica galactica: curva de rotacion, masa encerrada del disco estelar y del halo de materia oscura y velocidad circular newtoniana.
2.6	Heat capacity in a 1D monoatomic crystal model	COND	ESTAD	Estado solido: fonones en cadena monoatomica con relacion de dispersion dada; capacidad calorifica, limite de Dulong-Petit y temperatura de Einstein.

Italia 2020				
2.1	Two cylinders and a beam (rigid bar on two rotating cylinders with friction)	MEC	–	Dinamica newtoniana con friccion de una barra sobre dos cilindros giratorios; se obtiene $x(t)$ (oscilacion/movimiento), mecanica clasica pura.
2.2	Thermodynamic properties of an elastic rod (entropy model, equations of state, work, adiabatic stretching)	TERMO	–	Modelo fenomenologico de entropia $S(U,l)$; se derivan ecuaciones de estado, capacidades calorificas, trabajo, procesos adiabaticos y maquina termica: termodinamica clasica.
2.3	Electron in 1D harmonic potential (spin + oscillator Hamiltonian, spin precession, perturbation)	QM	–	Hamiltoniano con operadores escalera y espin; auto-estados, probabilidad de medida de espin y teoria de perturbaciones: mecanica cuantica.
2.4	B^0 - B^0 bar oscillation and decay (neutral B-meson mixing probabilities)	NUCL	ESTAD	Oscilacion y desintegracion de mesones B neutros; fisica de particulas con distribuciones de probabilidad de decaimiento.
2.5	Comet under gravitational field (max time a parabolic comet spends inside Earth's circular orbit)	MEC	ASTRO	Mecanica orbital/celeste newtoniana: trayectoria parabolica de un cometa y tiempo dentro de la orbita terrestre (Kepler/conservacion). Pese al titulo 'Cosmology', la fisica es gravitacion newtoniana.
2.6	1D chain of ions with opposite charges (Madelung energy, equilibrium spacing, lattice energy, compression work)	COND	EM	Energia de red de una cadena ionica 1D con interaccion de Madelung y termino repulsivo; distancia de equilibrio y energia de red: estado solido.
Italia 2021				
4	Antiproton discovery: pp scattering threshold, kinematics and time-of-flight	NUCL	REL	Reacciones pp, conservacion de numero barionico, umbral de energia y cinematica relativista de particulas; fisica de particulas con cinematica relativista.
3.1	Terminal velocity of a particle under constant force and friction	MEC	–	Dinamica newtoniana en el plano con fuerza constante y rozamiento; se busca la velocidad terminal. Mecanica clasica pura.
3.2	Kepler-like Hamiltonian, dilatation operators and the virial relation	QM	MEC	Formalismo cuantico: conmutadores, operadores unitarios de dilatacion y teorema del virial para el potencial de Kepler. La fisica dominante es mecanica cuantica.
3.3	Idealized model of the Earth's atmosphere (pressure/temperature vs altitude)	TERMO	FLU	Equilibrio hidrostatico atmosferico, gradiente termico, conduccion de calor y atmosfera isoterma; termodinamica de gases con balance de presion radial.
4.1	Phonons and the Debye model: Debye wavevector, energy and zero-point motion	COND	ESTAD	Fonones, modelo de Debye, vector de onda de Debye, energia de punto cero y amplitud cuantica de las vibraciones de la red; materia condensada.

Italia 2022				
3.1	Spring-mass system with two massive pulleys (oscillation period, velocity, gravitational PE)	MEC	–	Dinamica de masas con muelle y poleas masivas (momento de inercia, rotaciones) y oscilacion armonica: mecanica clasica pura.
3.2	Equilibrium radius of a spherical soap bubble under surface tension	FLU	TERMO	Equilibrio de presiones por tension superficial (ley de Laplace) en una pompa: mecanica de fluidos/capilaridad, con encuadre termodinamico.
3.3	1D quantum harmonic oscillator: ladder operators, Heisenberg evolution, selection rules	QM	–	Operadores de creacion/aniquilacion, evolucion en imagen de Heisenberg y reglas de seleccion: mecanica cuantica formal.
3.4	2D crystal tight-binding band structure, Fermi surface and conduction electron density	COND	QM	Estructura de bandas tight-binding, primera zona de Brillouin y superficie de Fermi en un cristal 2D: materia condensada con base cuantica.
Italia 2023				
1	Optical interference: diffraction grating and polychromatic spectrum	OPT	–	Red de difraccion con luz policromatica: ordenes de interferencia, dispersion lineal y poder resolvente. Optica ondulatoria clasica.
2	Electron band theory of solids (tight-binding crystal)	COND	QM	Estructura de bandas por tight-binding en una red cristalina: celda primitiva, simetrias, espectro electronico y caracter conductor/aislante.
3	Thermodynamics: compressibility charts (real CO ₂ gas)	TERMO	–	Factor de compresibilidad y carta generalizada para hallar volumen y trabajo de un gas real (CO ₂); ecuacion de estado y termodinamica macroscopica.
4	Relativity: Newtonian bending of light near the Sun	REL	MEC	Deflexion de la luz comparando el calculo newtoniano (gravitacion) con la prediccion de Relatividad General; foco relativista-gravitatorio.
5	Quantum mechanics: spin-1/2 with p.S coupling and Coulomb perturbation	QM	–	Hamiltoniano de espin 1/2 con acoplo p.S: espectro, operador de evolucion, probabilidad de spin-flip y teoria de perturbaciones con potencial de Coulomb.
Italia 2024				
1	Classical Mechanics: rotating disk, mass on a guide and spring	MEC	–	Dinamica de masa puntual sobre guia en disco rotatorio con muelle; equilibrio, oscilaciones y conservacion de momento/momento angular en marco no inercial.
2	Electrodynamics in a shell (dielectric/magnetic/metallic spherical shell)	EM	–	Campo electrico/magnetico dentro de cascaras esfericas dielectrica/magnetica, respuesta resonante de cascara metalica con plasma de electrones libres y nanoshells; electromagnetismo.
3	Quantum Mechanics: generalized Heisenberg algebra (GHA)	QM	–	Algebra de operadores tipo escalera, autoestados y autovalores de H, completitud, conexion SUSY y quons; formalismo cuantico de operadores.
4	Thermodynamics: walls insulation, conduction and Carnot heat pump	TERMO	–	Conduccion de calor en pared de dos capas, coeficiente de rendimiento de ciclo de Carnot (frigorifico/bomba) y cambio de entropia del Universo; termodinamica.
5	Particles: Space Neutrinos (SN1987A, Kamiokande-II)	NUCL	ASTRO	Antineutrinos de supernova, cota a la vida media y masa del neutrino, fotones Cherenkov; fisica de particulas/neutrinos con contexto astrofisico.

... continúa de la página anterior

Italia 2025				
1	Cart of four rolling/belt-coupled cylinders	MEC	–	Cinematica de rodadura sin deslizamiento, poleas con correa y dinamica/trabajo de cilindros: mecanica clasica de solido rigido.
2	1D cavity with antenna current sheet (perfect vs finite conductivity)	EM	–	Campo EM de una lamina de corriente entre planos conductores, resonancias, potencia intercambiada y profundidad de penetracion: electrodinamica.
3	Three spin-1/2 particles: total spin and sequential measurements	QM	–	Estado de tres espines 1/2, medidas de S^2 , S_z y S_{1x} , estado tras la medida: formalismo cuantico de momento angular/espin.
4	1D chain of ellipsoidal molecules under force (partition function, length, free energy)	ESTAD	TERMO	Funcion de particion canonica de una cadena de dos estados por molecula bajo fuerza, energia y longitud medias, energia libre: fisica estadistica con conexion termodinamica.
5	QFT: massless scalar with derivative interactions, Feynman rules and 2->2 amplitude	NUCL	–	Teoria cuantica de campos: reglas de Feynman e amplitud conexas ϕ - ϕ de un escalar con interacciones derivativas; encaja en fisica de particulas/campos.

Italia 2026				
1	Physics basics of curling (anillo homogéneo sobre hielo con fricción dependiente de y)	MEC	–	Dinamica de solido rigido: fuerza de fricción, torque, aceleracion angular de un anillo deslizando/rotando; pura mecanica clasica.
2	Earth is (almost) round: geodesicas en la esfera y formula del haversine	MEC	MISC	Camino mas corto (geodesica/gran circulo) de una particula libre sobre una esfera; problema variacional-geometrico de mecanica con componente matematica.
3	The line and the cylinder (carga lineal junto a cilindro conductor, metodo de imagenes)	EM	–	Electrostatica con cargas imagen, potencial, densidad de carga inducida; ultimo apartado anade campo magnetico y deriva $E \times B$, todo electromagnetismo.
4	1D crystal in equilibrium at temperature T (cadena con potencial cuartico, colectividad canonica)	ESTAD	TERMO	Fisica estadistica canonica: funcion de particion, energia libre de Helmholtz, energia media, entropia y longitud media de la cadena via funcion Gamma.
5	Sextic quantum Hamiltonian (Hamiltoniano cuantico 1D con potencial sextico)	QM	–	Mecanica cuantica: positividad del Hamiltoniano, espectro no degenerado en $L^2(\mathbb{R})$, estado fundamental y normalizacion (metodo de superpotencial/SUSY).

Preliminares — España

España 2019				
1	Perihelion shift in Special Relativity	REL	MEC	Se parte del lagrangiano relativista de una particula en un potencial central y se calcula la precesion del perihelio de la orbita; la fisica dominante es la dinamica relativista especial aplicada al movimiento orbital.
2	Refrigerators, efficiency and optimization	TERMO	ESTAD	Aunque el sistema es un maser de tres niveles, las preguntas tratan de corrientes de calor, ventana de enfriamiento, eficiencia de Carnot y potencia maxima: la fisica dominante es la termodinamica de maquinas frigorificas.

... continúa de la página anterior

3	Motion of charged particles in electromagnetic fields	EM	REL	Movimiento de una carga en campos E y B cruzados resolviendo la fuerza de Lorentz (cicloide), con tratamiento relativista mediante transformacion de Lorentz de los campos; la fisica dominante es el electromagnetismo.
4	Spin waves in a ferromagnetic chain	COND	QM	Cadena de Heisenberg ferromagnetica con ondas de espin (magnones) analogas a fonones en un modelo tight-binding, calculando relacion de dispersion y masa efectiva: la fisica dominante es materia condensada/estado solido.

España 2020

1	Crossing a river: a classical problem with a twist	MEC	–	Cinematica del bote en un rio con corriente dependiente de la posicion; se resuelve por calculo de variaciones (Euler-Lagrange y multiplicador de Lagrange) para minimizar el tiempo de cruce, fisica de mecanica clasica.
2	Photon Gas	ESTAD	TERMO	El nucleo es el gas de fotones (radiacion de cuerpo negro): funcion de particion de los modos, distribucion de Bose y conteo de estados para deducir la constante de Stefan-Boltzmann desde lo microscopico; la termodinamica (energia libre, entropia, trabajo/calor) es el soporte macroscopico complementario.
3	Confining charged particles in free space: The Penning Trap	EM	MEC	Confinamiento de una carga mediante potencial electrostatico (ecuacion de Laplace) y campo magnetico (fuerza de Lorentz, frecuencias ciclotron y magnetron); el electromagnetismo domina, apoyado en mecanica lagrangiana para las ecuaciones de movimiento.
4	Quantum Zeno effect	QM	–	Sistema cuantico de dos niveles con hamiltoniano en matrices de Pauli y postulado de la medida; medidas repetidas que congelan la evolucion (efecto Zeno cuantico), fisica plenamente de mecanica cuantica.

España 2021

1	Light-matter Interactions (atomo de dos niveles, campo cuantico, Jaynes-Cummings)	QM	ATOM	El nucleo es mecanica cuantica de un atomo de dos niveles acoplado al campo EM: teoria de perturbaciones para la amplitud de transicion, operadores de creacion/aniquilacion, Hamiltoniano de Jaynes-Cummings y resolucion de la ecuacion de Schrodinger; el contexto atomo-luz aporta el matiz atomico.
2	Absorcion y emision de radiacion por polvo cosmico (efecto Poynting-Robertson)	REL	MEC	Aunque arranca con presion de radiacion, la fisica dominante es la mecanica relativista: cuadvectores, transformaciones de Lorentz, tiempo propio y ecuacion de movimiento relativista para deducir la fuerza y aceleracion; la dinamica orbital/gravitatoria es el soporte mecanico secundario.
3	Redes cristalinas unidimensionales (difraccion, energia de Madelung, fonones, bandas, tight-binding)	COND	–	Problema integro de fisica del estado solido: difraccion en cadena, energia de Coulomb tipo Madelung, relaciones de dispersion de fonones (cadena mono y diatomica), modelo de electron casi libre con gaps de banda y espectro tight-binding con estado localizado de impureza.
4	El Telescopio Espacial Hubble (optica del telescopio, aberracion esferica, interferometria, energia y vibraciones)	OPT	ASTRO	El peso central recae en optica: distancias focales y f-number, resolucion por difraccion (Rayleigh), aberracion esferica de los espejos conicos e interferograma de Twyman-Green; el contexto del telescopio en orbita (Kepler, sombra terrestre, paneles) aporta el marco astrofisico-instrumental secundario.

España 2022				
1	The Ammonia Maser (maser de amoniaco, sistema de dos niveles)	QM	ATOM	Sistema cuantico de dos niveles: hamiltoniano matricial, autoestados simetrico/antisimetrico, ecuacion de Schrodinger dependiente del tiempo y probabilidades de transicion (emision estimulada); la fisica dominante es mecanica cuantica, con contexto molecular (dipolo de NH ₃) atomico-molecular.
2	Two beads in a ring (dos cuentas en un anillo)	MEC	–	Dinamica newtoniana de cuentas sobre un anillo: leyes de Newton tangencial/normal, conservacion de energia, reacciones y tension, y formulacion lagrangiana con ecuaciones de Euler-Lagrange; es mecanica clasica pura.
3	Light interference and PV cell design (interferencia y recubrimiento antirreflecente)	OPT	–	Optica ondulatoria clasica: interferencia en lamina delgada antirreflecente, transmitancia de Fresnel, interferometro de Michelson, longitud de coherencia y espectro en frecuencia; la fisica dominante es la optica de la luz.
4	ANAIS and the wind of dark matter (curvas de rotacion galactica y deteccion de materia oscura)	ASTRO	NUCL	El nucleo del problema es astrofisico-cosmologico: curvas de rotacion galactica, halo de materia oscura y densidad por ley de potencias; la parte de deteccion directa anade cinematica de dispersion elastica WIMP-nucleo (fisica de particulas) como area secundaria.
España 2023				
1	In orbit with the James Webb space telescope	MEC	–	El problema trata el punto de Lagrange L2 del sistema Sol-Tierra y las orbitas Halo: problema restringido de tres cuerpos, potencial efectivo en marco co-rotante, fuerzas de Coriolis y centrifuga, y pequenas oscilaciones; la fisica dominante es la mecanica clasica de gravitacion newtoniana y dinamica orbital.
2	The stability of the Levitron	EM	MEC	El nucleo es un dipolo magnetico en el campo de un iman (expansion del campo via Laplace, teorema de Earnshaw, fuerza y par magneticos); la estabilidad giroscopica del trompo aporta la dinamica de solido rigido como area secundaria.
3	Physics at the nanoscale	COND	–	Aborda nanomateriales y solidos: nucleacion de cristales, peliculas delgadas semiconductoras, densidad de estados 2D, poblacion de la banda de conduccion y niveles de Landau; la fisica dominante es la del estado solido y materiales nanoestructurados.
4	The gravity of neutron waves	QM	OPT	Interferometria de neutrones (experimento COW): solucion de la ecuacion de Schrodinger con potencial gravitatorio, fase cuantica, dispersion de Born y condicion de Bragg; la fisica dominante es la mecanica cuantica de ondas de materia, con la interferometria como area optica secundaria.
España 2024				
1	Deuterium-Tritium Fusion Reaction	ESTAD	NUCL	El nucleo del problema es calcular la tasa de reacciones de fusion en un gas promediando sobre distribuciones de velocidades maxwellianas (integrales de funcion de distribucion, invariancia galileana, coexion micro-macro), fisica estadistica de un gas; el contexto nuclear (fusion D-T) es secundario.
2	Diffraction Physics (electron diffraction, reciprocal lattice, plasmons)	COND	OPT	Trata de difraccion de electrones por cristales, red reciproca, factores de estructura (FCC/BCC, zincblenda) y plasmones en solidos; la fisica dominante es estado solido/materia condensada, con la difraccion ondulatoria como herramienta secundaria.

... continúa de la página anterior

3	Kapitza's Pendulum (inverted pendulum dynamic stabilization)	MEC	–	Es mecánica clásica pura: ecuación de movimiento del péndulo, separación en variable lenta y rápida, potencial efectivo y estabilidad de la posición invertida bajo oscilación forzada del soporte.
4	Probing electron dynamics in real time (attosecond pulses, high-harmonic generation)	ATOM	OPT	La física dominante es la interacción intensa luz-atomo (modelo de tres pasos: ionización por túnel, aceleración del electrón en el campo láser y recombinación que emite armónicos), generación de armónicos de alto orden y pulsos de attosegundo; la óptica de pulsos ultracortos es secundaria.

España 2025

1	Classical Mechanics (double pendulum)	MEC	–	Péndulo doble resuelto con el lagrangiano para obtener las ecuaciones de movimiento, energía mecánica y trayectorias; mecánica clásica/lagrangiana pura.
2	Classical Gravitation (hyperbolic flyby / gravity assist)	MEC	–	Trayectoria hiperbólica kepleriana en la esfera de influencia de un planeta: conservación de energía y momento angular, excentricidad y deflexión; mecánica orbital newtoniana.
3	Electromagnetism (rotating copper ring in a magnetic field)	EM	MEC	Anillo conductor girando en campo magnético: ley de Faraday, corriente inducida y disipación Joule frenan la rotación; la física dominante es la inducción electromagnética.
4	Quantum Control (three-level Raman system)	QM	ATOM	Sistema cuántico de tres niveles controlado por un pulso láser: hamiltoniano de interacción, operador de evolución y probabilidades de transición; mecánica cuántica de sistemas de pocos niveles.
5	Solid State Physics (electronic band structure, Kronig-Penney)	COND	QM	Estructura de bandas de un electrón en potencial periódico de deltas (teorema de Bloch, relación de dispersión, masa efectiva, gaps y anchura de banda); física de estado sólido.
6	Quantum Optics (electron in a 1D double-well molecule)	QM	–	Electrón en doble pozo molecular: estados deslocalizados, evolución temporal con campo eléctrico y construcción del hamiltoniano en la base atómica; mecánica cuántica dominante.
7	Quantum Information (state discrimination and quantum channels)	QM	–	Discriminación óptima de estados cuánticos con POVM, probabilidad máxima vía norma traza y caracterización de canales cuánticos; información cuántica.
8	Gravitational Waves (binary black hole merger)	REL	ASTRO	Ondas gravitacionales de una binaria de agujeros negros vía fórmula del cuadrupolo en el límite de campo débil: perturbación métrica, polarizaciones y amplitud; física relativista (RG).

España 2026

1	Spring me baby one more time!	MEC	ESTAD	Dos masas acopladas por muelles: Lagrangiano, ecuaciones de movimiento, modos normales y perturbación; la física dominante es la mecánica clásica de oscilaciones, con una parte estadística (ensemble canónico y equipartición) como área secundaria.
2	Relativistic Time Corrections	REL	MEC	El núcleo es la dilatación temporal por relatividad especial y general (métrica de Schwarzschild, tiempos propios de reloj atómico en satélite); la mecánica orbital kepleriana actúa como soporte secundario.
3	The Planck Feedback	TERMO	ASTRO	Balance radiativo de energía con ley de Stefan-Boltzmann, emisividad atmosférica y gradiente térmico (lapse rate); la física dominante es termodinámica de radiación y transferencia de calor en contexto planetario.

... continúa de la página anterior

4	Physics-aware quantum learning	QM	–	Estado variacional del oscilador armonico cuantico, valor esperado de H, ecuacion de Schrodinger y evolucion del paquete gaussiano: formalismo de mecanica cuantica puro.
5	Can light hold matter? Trapping a nanoparticle with a Gaussian beam	EM	OPT	Calculo de fuerzas opticas a partir de campos E y H, vector de Poynting, densidad de energia y fuerza de gradiente/radiacion sobre un dipolo; la fisica dominante es electromagnetismo de la luz, con la optica del haz gaussiano como secundario.
6	A photon's Shakespearean dilemma - interference!	QM	OPT	Foton individual en interferometro Mach-Zehnder con estados cuanticos en beamsplitters, fases y probabilidades de deteccion; optica cuantica con foco en el estado cuantico, siendo la optica (interferometro/coherencia) area secundaria.
7	Maxwell's demon goes quantum	TERMO	QM	Ciclo termodinamico con trabajo isotermo, segunda ley y entropia; la fisica dominante es termodinamica del ciclo y trabajo extraido, conectada con entropia de von Neumann y distinguibilidad de estados cuanticos como area secundaria.
8	Nollet's double cone	MEC	–	Solido rigido (doble cono) rodando sin deslizar por railes: cinematica del centro de masas, energias cinetica/potencial, Lagrangiano y formalismo hamiltoniano; mecanica clasica del solido rigido.

Preliminares — Austria

Austria 2023				
1	Ganz schon salzig (molecula NaCl: Coulomb + repulsion de Pauli)	ATOM	QM	Enlace de la molecula NaCl con potencial Coulomb + Pauli; longitud de enlace optima, energia de ionizacion y frecuencia vibracional (aproximacion armonica), mas cadena ionica 1D tipo Madelung; fisica molecular dominante.
2	Halb so salzig (acoplamiento espin-orbita en el atomo de Na)	ATOM	QM	Estructura electronica del Na: matriz 8x8 de acoplamiento espin-orbita hermitica, valores de J, estructura hiperfina y espectro de absorcion (desdoblamiento fino); fisica atomica.
3	Reaktionskinetik (mecanismo de Lindemann, estado estacionario)	MISC	ESTAD	Cinetica quimica de la isomerizacion $\text{CH}_3\text{NC} > \text{CH}_3\text{CN}$: ecuaciones de velocidad, aproximacion de estado estacionario y ordenes de reaccion segun la presion; quimica-fisica sin area fisica dominante.
4	Die fliegende Waschkammer (pinza voladora: energia del muelle y altura)	MEC	–	Energia almacenada en un muelle de torsion convertida en energia potencial gravitatoria para estimar la altura maxima de vuelo; dinamica/energia mecanica clasica.
5	Magnetism! (levitacion diamagnetica en un solenoide)	EM	–	Levitacion de objeto diamagnetico: densidad de energia magnetica, condicion $B \perp dB/dz$ para compensar la gravedad y corriente del solenoide via Biot-Savart; electromagnetismo dominante.
6	Tolle Teilchen (energia umbral relativista para produccion de piones)	REL	NUCL	Cinematica relativista: energia umbral para producir un pion en colision p+p via invariante de Mandelstam, factor gamma, decaimiento del pion y angulo de los fotones; relatividad especial aplicada a fisica de particulas.
7	Loschen (caudal en mangueras de bombas, Bernoulli)	FLU	–	Aplicacion de la ecuacion de Bernoulli para obtener la velocidad de salida y el caudal volumetrico en boquillas; mecanica de fluidos.
8	SN 1987A SuperNova (neutrinos, estadistica de Poisson)	ASTRO	ESTAD	Deteccion de neutrinos de la supernova SN 1987A: probabilidad de fondo con distribucion de Poisson y estimacion del numero total de neutrinos emitidos isotropamente; astrofisica con estadistica.

... continúa de la página anterior

9	Geodesic equation and fictitious forces (metrica en marco acelerado)	REL	MEC	Transformacion de la metrica de Minkowski a un marco uniformemente acelerado y ecuacion geodesica que da las fuerzas ficticias; relatividad general/principio de equivalencia.
Austria 2024				
1	Bob der Brückenmeister (forma de un cable colgante)	MEC	–	Estatica de un cable flexible bajo gravedad: equilibrio de fuerzas de tension y peso, deducccion y resolucion de la ecuacion diferencial de la catenaria.
2	Kernfusion: movimiento de particulas cargadas en un Tokamak	EM	MEC	Dinamica de carga en campo magnetico (fuerza de Lorentz), giroradio y derivas de campo magnetico; movimiento de particula es secundario.
3	Gezeiten (mareas: potencial gravitatorio y energia mareomotriz)	MEC	ASTRO	Gravitacion newtoniana en sistema Tierra-Luna: fuerza diferencial de marea, potencial gravitatorio y centrifugo, expansion multipolar; contexto Tierra-Luna como secundario.
4	A glimpse on quantum cryptography	QM	–	Espin 1/2, operadores de Pauli, autoestados, medidas proyectivas, entrelazamiento y protocolo tipo BB84/Ekert; mecanica cuantica e informacion cuantica.
5	Stabilität einer Flammenfront (estabilidad de un frente de llama)	FLU	–	Flujo de gas incompresible y no viscoso con condiciones de contorno en una interfaz; analisis de estabilidad hidrodinamica de un frente frente a perturbaciones (Darrieus-Landau).
6	Die Lichtgeschwindigkeit ist konstant, big deal? (invariancia de c)	REL	–	Transformaciones de Lorentz, invariancia de c, Doppler relativista de longitud de onda/frecuencia y relacion masa-energia $E=mc^2$.
7	Ein Atom im Käfig (atomo en cavidad optica, cuantizacion del campo)	QM	EM	Cuantizacion del campo EM en una cavidad (operadores creacion/aniquilacion), modelo de Jaynes-Cummings atomo de dos niveles acoplado a un modo; campo EM como soporte secundario.
8	Quantum Bomb Tester (medida sin interaccion, efecto Zeno cuantico)	QM	OPT	Interferometro Mach-Zehnder con beamsplitters tratado como amplitudes de un foton; medida sin interaccion y efecto Zeno cuantico (optica cuantica).
9	Coupled Oscillators (osciladores acoplados, caso clasico, cuantico y termodinamico)	MEC	ESTAD	Modos normales de masas con muelles (pequeñas oscilaciones, cadena tipo fonones); apartados de cuantizacion y termodinamica estadistica (energia interna, capacidad calorifica) como secundario.
Austria 2025				
1	Problem Quartet (bouncing balls, falling conductor loop, Fata Morgana, water reservoir)	MEC	EM	Cuarteto: colisiones elasticas y conservacion de momento/energia (MEC) dominan; incluye induccion en lazo conductor (EM) y un apartado de optica/fluidos.
2	Kapitza's Pendulum (dynamical stabilization, Floquet, Magnus expansion)	MEC	–	Pendulo con pivote oscilante: ecuaciones de movimiento, pequeñas oscilaciones y estabilidad dinamica de un sistema mecanico clasico.
3	Relativistic Particle in a Box (Klein-Gordon, Klein paradox)	QM	REL	Ecuacion de Klein-Gordon, scattering en pozo, coeficientes de reflexion/transmision y niveles en caja: mecanica cuantica relativista.
4	Ion Trap Chips (Paul traps, effective potentials, double-wells)	EM	QM	Trampas de Paul: potencial electrostatico de barras/electrodos y campos alternos (EM) con Hamiltoniano de osciladores y operadores escalera (QM).

... continúa de la página anterior

5	Hyperfine Qubits in Trapped Neutral Atoms (two/three-level, RWA, Raman)	ATOM	QM	Atomo de dos/tres niveles en campo laser, RWA, frecuencia de Rabi y transiciones Raman: fisica atomica e interaccion luz-materia.
6	Schrodinger's Cat (coherent and cat states in the harmonic oscillator)	QM	–	Estados coherentes y de gato del oscilador cuantico, operadores escalera, distribuciones de probabilidad y deteccion de superposiciones.
7	Boltzmann Machine (classical and quantum, free energy minimization)	ESTAD	QM	Maquina de Boltzmann: distribucion de Boltzmann, funcion de particion, entropia y energia libre (ESTAD), con version cuantica de matriz densidad (QM).
8	The Precession of Mercury (geodesics in general relativity)	REL	MEC	Geodesicas en la metrica de Schwarzschild y precesion relativista del perihelio (REL) sobre el problema orbital clasico de fuerza central (MEC).
9	Pulsar Electrodynamics (dipole radiation, aligned rotator, Goldreich-Julian)	EM	ASTRO	Electrodinamica del pulsar: campo dipolar, radiacion, magnetosfera corrotante y densidad de Goldreich-Julian (EM) en contexto de estrella de neutrones (ASTRO).

Austria 2026

1	A Bird's-Eye View of Quantum Sensing	QM	ESTAD	Sistema de espines 1/2 con Hamiltoniano de Zeeman, base singlete-triplete, interaccion hiperfina, evolucion temporal y deteccion cuantica; la parte final usa estadistica (estimacion ML, varianza).
2	Triple Trouble: ideal planet shape, spinning bucket, stable table	MEC	FLU	Forma de planeta ideal por gravitacion newtoniana, superficie de agua en cubo rotante (hidrostatica de fluidos en rotacion) y probabilidad geometrica; la fisica dominante es mecanica/gravitacion con fluidos.
3	Graphene Magnetic Barrier: Beyond Klein Tunneling	COND	QM	Portadores en grafeno como fermiones de Dirac sin masa, transporte a traves de barrera magnetica, ecuacion de Weber, matriz de transferencia; materia condensada con formalismo cuantico.
4	Neutrino Oscillations	NUCL	QM	Oscilaciones de neutrinos: mezcla de autoestados de masa, probabilidad de cambio de sabor, longitud de oscilacion y coherencia; fisica de particulas con mecanica cuantica.
5	Strong Gravitational Lensing	REL	ASTRO	Deflexion de la luz desde la metrica de Schwarzschild, ecuacion de la lente, anillo de Einstein y magnificacion; relatividad general en contexto astrofisico.
6	Radiation of Accelerated Charges	EM	REL	Potenciales retardados, campos de radiacion, potencia radiada (Larmor), espiral del electron, radiacion de Cherenkov; electrodinamica clasica de cargas aceleradas.
7	The Silicon Wall: How Small Can a Transistor Get?	COND	ESTAD	Electrostatica del transistor MOS de silicio: distribucion Fermi-Dirac, densidad de estados, dopaje, region de depletion (Poisson) y correccion variacional cuantica; materia condensada/semiconductores con fisica estadistica.

Preliminares — Reino Unido e Irlanda

Reino Unido e Irlanda 2020

1	A Snow Plough Problem	MEC	–	Cinematica/dinamica: relacion entre velocidad del quitanieves y altura de nieve acumulada con el tiempo; ecuacion de movimiento para hallar cuando empezado a nevar.
2	Dotty Dinosaur (coupon collector)	MISC	–	Problema de probabilidad puro (coleccionista de cupones), sin area fisica dominante; metodos matematicos.

... continúa de la página anterior

3	Einstein's Story (relatividad especial)	REL	–	Reloj de luz en laboratorios en movimiento relativo: dilatación temporal e invariancia de c ; relatividad especial.
4	Time of Flight (movilidad de portadores)	COND	EM	Medida de movilidad de portadores por fotocorrientes transitorias en semiconductor; trampas, tiempo de tránsito y bias aplicado: física de materia condensada/dispositivos.
5	Phonon-assisted charge transport in 2D	COND	QM	Transporte de carga asistido por fonones en red 2D, hamiltoniano de sitios acoplados a fonones y red de resistencias en red cuadrada/honeycomb: materia condensada con base cuantica.
6	Newcomen's Beam Engine	FLU	TERMO	Calculo del volumen de agua bombeada por ciclo: hidrostática/áreas de pistón y presión atmosférica frente a vacío de vapor; mecánica de fluidos con motor termico.
7	1888 University of Sydney exam (conceptual)	MISC	–	Conjunto heterogeneo de preguntas conceptuales históricas (luna, Arquímedes, gases, barómetro, rayos, motor de vapor, electrolisis, imán, cámara, integral gaussiana): interdisciplinar, sin área física única dominante.
8	Dominoes and Pendulums	MEC	–	Estabilidad/energía de un domino (barrera de potencial) y argumento sobre el periodo del péndulo simple para amplitudes grandes: mecánica clásica y oscilaciones.
9	Buried Room at Earth's centre	MEC	ASTRO	Gravitación newtoniana en el centro de la Tierra (campo nulo, flotar vs apoyarse): mecánica gravitatoria con consideraciones sobre el cuerpo terrestre.

Reino Unido e Irlanda 2021

1	Prologue - Where Our Host Discovers Gravity	MEC	–	Dos masas puntuales atraídas gravitacionalmente que colisionan; se calcula G a partir del tiempo de caída (gravitación newtoniana y dinámica).
2	The First Guests Arrive (glasses pressure + rolling cans)	MEC	FLU	Apartado (a) presión integrada hidrostática en bases de vasos cónicos; apartado (b) rodadura de cilindros macizo vs hueco por un plano inclinado (momento de inercia); dominante mecánica de sólido rígido con hidrostática.
3	Coming or Going? (probability current of two plane waves)	QM	–	Densidad de corriente cuántica de una superposición de dos ondas planas de la ecuación de Schrödinger libre; interpretación del flujo de probabilidad.
4	Electrostatics by Conformal Mapping	EM	–	Potencial electrostático de un hilo cargado frente a plano y a espejo parabólico mediante mapeo conforme; resuelve la ecuación de Laplace y campo en la punta.
5	Parastatistics	ESTAD	QM	Función de distribución térmica para partículas con ocupación máxima de dos por estado, análoga a Fermi-Dirac/Bose-Einstein; límites de alta y baja T .
6	Condensed Matter (density of states, band structure in d dimensions)	COND	ESTAD	Densidad de estados y energía media por partícula en estado fundamental para una estructura de bandas tipo grafeno generalizada en d dimensiones.
7	A Rotating Glass of Mead	MEC	FLU	Forma parabólica de la superficie de un líquido en rotación rígida; equilibrio en marco rotante (fuerza centrífuga + gravedad), hidrostática del fluido girando.
8	A Harmonious Synthesiser (LC resonators, perfect fifth)	EM	ONDAS	Circuito con dos resonadores LC que producen dos frecuencias; elección de parámetros α y β para una quinta justa; resonancia de circuitos LC.
9	Bernoulli's Airship (R101 lift)	FLU	MEC	Empuje (lift) de un dirigible: principio de Arquímedes con gases (H, He, vacío), comparativa de densidades y viabilidad estructural; estática de fluidos.

... continúa de la página anterior

10	Epilogue - Where Our Host Tries to go to Bed (biased random walk)	ESTAD	MISC	Caminata aleatoria sesgada en una red 1D; probabilidad de alcanzar +10 pasos (proceso estocastico, probabilidad de gambler's ruin/difusion).
Reino Unido e Irlanda 2022				
1	The Stellar Engine Solution (Shkadov thruster)	EM	ASTRO	Presion de radiacion de fotones estelares sobre un espejo parabolico (statite); ley de Stefan-Boltzmann y Wien para el flujo, momento del foton. Fisica dominante: radiacion EM y presion de radiacion.
2	An Alternative Space Craft (combustion rocket)	MEC	REL	Ecuacion del cohete por conservacion de momento (relacion masa/velocidad de escape) y limite relativista de la velocidad alcanzable en terminos de c.
3	What If... All Energy Was Electrical? (classical electron radius)	EM	REL	Energia del campo electrostatico de una esfera cargada igualada a mc^2 (radio clasico del electron); electrostatica dominante con relacion masa-energia.
4	Refuelling with Hemisphere Hydrodynamics	FLU	TERMO	Hidrostatica de un embudo hemisferico, superficie libre de un liquido en rotacion (equilibrio hidrostatico-centrifugo) y descenso del nivel por evaporacion (calor latente).
5	Simple Harmonic Mattresses (spring networks)	MEC	–	Periodos de oscilacion de una masa con multiples resortes (Hooke) en distintas configuraciones; pequenas oscilaciones y dinamica newtoniana.
6	The Firefly Dance (synchronization, Adler equation)	MISC	–	Modelo de sincronizacion no lineal (ecuacion de Adler), diagramas de fase y puntos fijos; sistema dinamico sin area fisica clasica dominante.
7	Bending Light in a Plane (graded-index ray path)	OPT	MEC	Trayectoria de un rayo en un medio de indice de refraccion variable con la altura via principio de Fermat (minimo tiempo); optica geometrica.
8	A Magnetic Spa Day (dipole-dipole interaction, thermal average)	EM	ESTAD	Interaccion dipolo-dipolo magnetica clasica; fuerza media en equilibrio termico a alta temperatura mediante promedio estadistico de Boltzmann.
9	Droplets in SPACE (droplet oscillation & ceiling droplet)	FLU	–	Estimacion de frecuencia de oscilacion de una gota por tension superficial e inercia, y radio maximo por balance tension superficial-gravedad (capilaridad).
10	Oscillators on a Train (accelerating SHO frame)	MEC	–	Oscilador armonico en un marco no inercial acelerado; desplazamiento del equilibrio y amplitud de oscilaciones; mecanica newtoniana de SHO.

Preliminares — Polonia

Polonia 2024				
1	Vibrating string with position-dependent linear mass density (Bessel functions)	ONDAS	MEC	Ecuacion de ondas en una cuerda con densidad variable, separacion de variables y frecuencias propias via funciones de Bessel; ondas mecanicas en un medio.
2	Electrostatic potential inside a hollow cylinder (Laplace equation, modified Bessel functions)	EM	–	Potencial electrostatico en un cilindro resolviendo la ecuacion de Laplace en coordenadas cilindricas con condiciones de contorno; electrostatica pura.
3	Heat conduction in a rod with uniform heat generation; steady temperature in a semicylinder	TERMO	–	Ecuacion de conduccion del calor (difusion termica) con generacion y condiciones de contorno; transferencia de calor / termodinamica.
4	Quantum transport in graphene constrictions (conductance and Fano factor)	COND	QM	Transporte electronico en grafeno: conductancia de Sharvin, formula de Landauer-Buttiker, transmision y factor Fano; materia condensada con base cuantica.

... continúa de la página anterior

5	A mission to Uranus: orbital velocities and gravity assists	MEC	ASTRO	Mecanica orbital/celeste: velocidades orbitales, asistencias gravitatorias, transferencia de Hohmann y conservacion de energia.
---	---	-----	-------	---

Polonia 2025

1	Fluid Motion Described by the Navier-Stokes Equations (vorticity diffusion, Burgers and Moffatt stretched vortex)	FLU	–	Dinamica de vorticidad en flujo viscoso incompresible: difusion, estiramiento de vortice y solucion de similaridad de Navier-Stokes.
2	Quantum gates (decompose arbitrary unitary into S and Z gates)	QM	–	Operaciones unitarias 2x2 sobre qubits e informacion cuantica: descomposicion minima de un U arbitrario en puertas.
3	Superconducting strip (Meissner effect field)	EM	COND	Magnetostatica con condicion de contorno (campo tangente, $H_z=0$) impuesta por el superconductor; problema de campo magnetico.
4	Higgs boson mass reconstruction via tau decays (collinear approximation)	NUCL	REL	Cinematica de desintegracion de leptones tau y reconstruccion de masa del Higgs; fisica de particulas con cinematica relativista.
5	Correlated fluctuations of particle number and energy	ESTAD	TERMO	Colectividad gran canonica: fluctuaciones de N y U y su correlacion en un gas ideal clasico.
6	Football resistors (equivalent resistance of polyhedral networks)	EM	MISC	Resistencia equivalente entre vertices antipodales en redes de resistencias con alta simetria (icosaedro, dodecaedro, balon).
7	Hydrodynamics and Galilean transformation in rotating systems (Ekman layers)	FLU	–	Navier-Stokes estacionario en sistema rotante; capas limite de Ekman para Ekman number pequeno.
8	Biker on a circular path on the verge of skidding	MEC	–	Dinamica newtoniana con rozamiento: aceleracion maxima en trayectoria circular limitada por friccion.
9	Atmospheric sounding (cloud depth and water vapour mass from radiosonde data)	TERMO	FLU	Termodinamica atmosferica: humedad relativa, Clausius-Clapeyron y gases ideales para estimar espesor de nube y masa de vapor.

Polonia 2026

1	Honeycomb network of capacitors	EM	–	Capacidad equivalente entre nodos de una red infinita de condensadores; electrostatica de circuitos.
2	Cubic pendulum (cube on a string)	MEC	–	Momento de inercia del cubo, lagrangiano del doble pendulo y modos/frecuencias de pequenas oscilaciones.
3	Preparing the W state in a quantum circuit	QM	–	Diseño de circuito cuantico con puertas SX, Z y CZ para preparar el estado entrelazado W; informacion cuantica.
4	Particulate matter (PM) air-quality indices / lognormal aerosol spectra	ESTAD	MISC	Distribuciones lognormales de tamaño, momentos y mediana de masa de aerosoles a partir de indices PM; estadística aplicada a geofísica/atmosfera.
5	W boson decay differential width	NUCL	–	Anchura de desintegracion diferencial del boson W en muon, en angulo solido y momento transverso; fisica de particulas.
6	Predicting the big avalanche (self-organized criticality)	MISC	–	Modelo de ley de potencias con oscilacion log-periodica; los maximos forman serie geometrica y se halla el tiempo critico; analisis matematico interdisciplinar.

... continúa de la página anterior

7	Quantum melting of crystals	QM	COND	Dispersion de un paquete de ondas del centro de masas y tiempo de deslocalizacion (fusion cuantica) de un cristal; mecanica cuantica aplicada a solidos.
8	Bristol cathedral lead roof creep	MEC	–	Modelado del deslizamiento lento de laminas de plomo por friccion/fluencia termica en un tejado inclinado; dinamica y friccion.
9	Greenhouse effect on Mars	ASTRO	TERMO	Balance radiativo planetario, temperatura media, albedo y modelo de capa atmosferica (efecto invernadero); termodinamica de radiacion en contexto planetario.
10	Two oscillators as a two-spinor	MEC	QM	Dos osciladores armonicos representados como espinor; world-vector nulo, rotacion 2π , algebra de Lie via corchetes de Poisson y leyes de conservacion desde un lagrangiano.
11	Uncertainty principle and infinite potential well	QM	–	Condiciones de contorno hermiticas, estado de energia cero y resolucion de la aparente contradiccion con el principio de incertidumbre; formalismo cuantico.

Preliminares — Rumanía

Rumanía 2024

1	Nuclear and Particle Physics (Yukawa pion mass, neutron decay)	NUCL	–	Estimacion de la masa del pion via principio de incertidumbre (Yukawa), umbral de produccion de pion, desintegracion beta del neutron a nivel de quarks y propagador W; fisica nuclear y de particulas.
2	Thermodynamics: state equation and internal energy	TERMO	–	Dada la ecuacion de estado $p=AT^2/V$, hallar constantes B y n de U mediante relaciones termodinamicas (dU, derivadas parciales de energia interna).
3	Electron motion under weak influence of a circular current loop	EM	MEC	Calculo del angulo de rotacion del electron por la fuerza de Lorentz del campo magnetico de una espira; magnetostatica y dinamica de la carga.
4	Thin reflective and anti-reflective layers	OPT	–	Interferencia en peliculas delgadas, capas antirreflektantes y multicapas dielectricas (coeficiente de reflexion); optica ondulatoria clasica.
5	Conductivity in disordered electronic systems	COND	QM	Conductividad de Kubo-Greenwood, formula de Drude, conductividad metalica minima de Mott y hopping entre estados localizados; transporte electronico en solidos desordenados.
6	Relativistic particles (muons)	REL	–	Dilatacion temporal y contraccion de longitudes de muones cosmicos, energia relativista para alcanzar el suelo; relatividad especial.
7	How cold is too cold? (ice skating)	TERMO	–	Estimacion de la temperatura minima del hielo via Clausius-Clapeyron (calor latente, cambio de volumen al congelar) y fusion por presion.
8	Neutrons in a box (1D potential barrier)	QM	–	Barrera de potencial 1D: funciones de onda, coeficientes de reflexion y transmision, tiempo medio y numero de neutrones en equilibrio; mecanica cuantica.
9	Tippe top	MEC	–	Dinamica del solido rigido con angulos de Euler, momentos de inercia, torque y momento angular, friccion cinetica; mecanica clasica del trompo Tippe.

Rumanía 2025

1	2D Lattice Gas with Phase Transition	ESTAD	TERMO	Gas reticular 2D, Hamiltoniano de Ising/red, aproximacion de campo medio, densidad como parametro de orden y transicion de fase continua: fisica estadistica dominante.
2	Angular momentum stored in steady electric and magnetic fields	EM	–	Momento angular almacenado en los campos E y B de un cilindro superconductor con cargas; densidad de momento de los campos electromagneticos y paradoja de Feynman.

... continúa de la página anterior

3	Electrostatics of a Cosmic String	EM	REL	Funcion de Green electrostatica 2D en un espacio con deficit angular; el problema es esencialmente electrostatica (potencial, fuerza sobre carga lineal), con el cono de la cuerda cosmica como geometria de relatividad general.
4	Michelson Interferometry	OPT	ATOM	Interferometro de Michelson, franjas circulares, determinacion de longitud de onda media y separacion de dos lineas atomicas del cesio: optica ondulatoria/interferencia.
5	Heat capacities of a van der Waals gas	TERMO	–	Diferencia C_p-C_v para gas de van der Waals usando relaciones termodinamicas y ecuacion de estado: termodinamica pura.
6	Nuclear physics: Hafnium nucleus, Davis detector, muon lifetime	NUCL	–	Tres sub-problemas nucleares: niveles rotacionales y momento de inercia del Hf-170, captura de neutrinos en el detector de cloro de Davis, y vida media del muon por desintegracion radiactiva.
7	Neutrino beam analysis	NUCL	REL	Produccion de haz de neutrinos por desintegracion de piones/kaones: longitud de desintegracion, supervivencia relativista y cinematica relativista de la energia del neutrino (fisica de particulas).
8	Rocket launch	MEC	–	Lanzamiento de cohete bajo gravedad newtoniana: altura maxima, condiciones de orbita y maniobra para orbita circular; mecanica orbital/gravitatoria.

Preliminares — Singapur

Singapur 2021

1	Casimir effect (escalar masivo-nulo, energia de vacio)	QM	EM	Cuantizacion de campo escalar como osciladores armonicos, energia de vacio y regularizacion (zeta) para la fuerza de Casimir; fisica dominante es teoria cuantica de campos.
2	Classical Information Communication (Holevo, entrelazamiento, PR box)	QM	–	Matriz densidad, entropia de von Neumann, cota de Holevo, estados de Bell y codificacion densa; informacion cuantica.
3	Schrodinger equation en coordenadas curvilineas (Laplace-Beltrami)	QM	–	Cuantizacion en coordenadas generalizadas, operadores momento, Laplaciano y operador de Laplace-Beltrami en la ecuacion de Schrodinger.
4	AM, FM, PM and Optical Cavity	OPT	EM	Modulacion de amplitud/fase/frecuencia de campo laser, cavidad optica resonante, campo reflejado y deteccion; optica clasica de la luz.
5	Interacting gas (virial, Mayer, ecuacion de estado)	ESTAD	TERMO	Funcion de particion, expansion virial via funcion f de Mayer y coeficientes del virial a partir del potencial intermolecular; mecanica estadistica.
6	Chimney Physics / solar chimney	FLU	TERMO	Bernoulli, ley hidrostatica y flujo de gases en chimenea con tiro termico; mecanica de fluidos con conveccion termica.
7	Gravitational lensing (deflexion de la luz)	REL	ASTRO	Metrica de campo debil, geodesicas nulas y calculo del angulo de deflexion $4GM/b$; relatividad general en contexto astrofisico.
8	Talk in the Vacuum (Casimir entre membranas, transferencia de calor)	MEC	TERMO	Modos de membranas tensadas acoplados por fuerza de Casimir, oscilaciones acopladas y banos termicos (Langevin) que fijan temperaturas modales; dominan las oscilaciones acopladas con transferencia de calor.
9	Boson-Fermion correspondence (bosonizacion, colectivo gran canonico)	ESTAD	QM	Funcion de particion gran canonica, recuperacion de Bose-Einstein y limite de hard-core, y mapeo a spin-1/2; estadistica cuantica.

... continúa de la página anterior

10	Coupled oscillators (modos normales, marco rotante, analogía spin)	MEC	QM	Dos masas acopladas por muelles, modos normales y dinámica en marco rotante análoga a un spin-1/2 de dos niveles; oscilaciones acopladas clásicas.
----	--	-----	----	--

Preliminares — Alemania

Alemania 2015

2	El teorema de equipartición: función de partición rotacional y calor específico molecular	ESTAD	QM	Se construye la función de partición canónica rotacional $Z^{\text{rot}}(\beta)$ sumando factores de Boltzmann sobre autovalores y se deriva el calor específico molar (conexión micro-macro); física estadística dominante, con autovalores del rotor cuántico como soporte.
4	Partícula cuántica en un potencial atractivo $1/x^2$ unidimensional	QM	–	Estados ligados de la ecuación de Schrödinger en $V=-a/x^2$: argumentos de escala, factorización del hamiltoniano y hermiticidad; mecánica cuántica pura.
5	Determinar la velocidad de un coche en una trayectoria circular con objetos del interior	MEC	FLU	Medir la velocidad usando efectos en un marco no inercial (aceleración centrípeta) sobre agua, globo de helio y pelota; mecánica clásica dominante, con flotabilidad/hidroestática en marco acelerado como apoyo.

Alemania 2023

1	Magnet in a conducting tube	EM	–	Imán dipolar cayendo por un tubo conductor: inducción electromagnética, corrientes de Foucault, ley de Faraday y velocidad terminal.
2	Superselection	QM	–	Reglas de superselección para partícula en lazo cerrado: espacios de Hilbert, operador momento, autofunciones, fase relativa no observable.
3	Anti-reflection coating for a disordered medium	OPT	EM	Matriz de scattering 1D para luz en medio desordenado: reflexión/transmisión, unitariedad, antirreflexión y modos invariantes de scattering.
5	Gravitational decoherence	QM	–	Sistema cuántico abierto: formalismo de operador densidad, ecuación maestra (Born-Markov), osciladores acoplados y decoherencia; la gravedad es decorado.
7	WARP-drive (Alcubierre metric)	REL	ASTRO	Métrica de Alcubierre en relatividad general: símbolos de Christoffel, tensor de Riemann/Ricci, tensor energía-momento y materia exótica.

Preliminares — Grecia

Grecia 2025

1	Mass in a tube (masa deslizante en un tubo pivotante)	MEC	–	Dinámica lagrangiana de un sólido rígido (tubo) con masa deslizante: momento de inercia, ecuaciones de Euler-Lagrange acopladas y análisis dimensional.
2	Alpha spectroscopy of super-heavy nuclei (Q-value y banda rotacional de ^{247}Cf)	NUCL	–	Desintegración alfa: conservación de energía/momento para el Q-value y niveles de banda rotacional nuclear $E=\hbar^2 j(j+1)/2I$ para asignar momentos angulares.
3	Coaxial conductor: resistencia y capacitancia	EM	–	Electrostática con dieléctrico: ley de Gauss para campo radial, resistencia ($J=\sigma E$) y capacitancia de un cable coaxial.
4	Stretching a rubber bar (elasticidad entrópica del caucho)	ESTAD	TERMO	Modelo estadístico de cadena polimérica (random walk, entropía de Boltzmann) y termodinámica de la energía libre para deducir la fuerza elástica entrópica.
5	Measurement of forces at the molecular level (Kevlar, potencial de Morse)	ATOM	COND	Espectroscopia Raman de enlace molecular C-C: anarmonicidad, potencial de Morse, constante de fuerza y desplazamiento del número de onda con la tensión en un polímero.

... continúa de la página anterior

Preliminares — Francia

Francia 2022				
I	The Tautochrone curve (Brachistochrone / cycloid via calculus of variations)	MEC	–	Calculo variacional (Euler-Lagrange, Beltrami) aplicado al movimiento de un punto material en campo gravitatorio para hallar la cicloide braquistocrona/tautocrona; fisica dominante es mecanica clasica.
II	Fluid mechanics at the scale of stars (hydrostatic stars, Lane-Emden, Jeans instability)	FLU	ASTRO	Hidrodinamica ideal (continuidad, Euler, equilibrio hidrostático, Lane-Emden) y perturbaciones aplicada a estructura y formacion estelar; fluidos como teoria dominante con contexto astrofisico.
IV	Introduction to a quantum Szilard engine	QM	ESTAD	Oscilador armonico cuantico con barrera delta, estados propios y medida proyectiva del demonio; combinado con funcion de particion, energia libre y entropia. Cuantica dominante con fisica estadistica/termo.
III	The origin of cosmological structures (inflation, slow-roll, Mukhanov-Sasaki, primordial power spectrum)	ASTRO	REL	Cosmologia: ecuaciones de Friedmann, inflaton, slow-roll y espectro primordial de fluctuaciones; foco cosmologico-astrofisico con base relativista-gravitatoria.